U.PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

PLANEAMENTO DE OBRAS UTILIZANDO FERRAMENTAS VISUAIS – APLICAÇÃO EM OBRA REAL

MATHEUS WAGNER HOFMEISTER

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

Orientador: Professor Doutor José Manuel Marques Amorim de Araújo Faria

Coorientadora: Regina Novais Ramos

FEVEREIRO DE 2019

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2018/2019

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌍 http://www.fe.up.pt

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2018/2019 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2019*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

À minha Família

"Quando os ventos de mudança sopram, umas pessoas levantam barreiras, outras controem moinhos de vento."

Érico Veríssimo

AGRADECIMENTOS

Após a conclusão da presente dissertação considero fundamental agradecer as pessoas e instituições que contriburiam durante todo o meu processo de formação académica.

À minha mãe, por todo o amor, zelo e motivação para que eu seguisse acreditando nos meus sonhos.

Ao meu pai, pelo cuidado, apoio e amor: obrigado por me mostrar a importância do caráter em minha vida.

Ao meu irmão, pelo companheirismo, amor e conselhos que me guiaram e motivaram ao longo do meu processo de formação.

Ao meu avô Renato, exemplo de humildade e sabedoria, e minha avó Glades, por toda preocupação e carinho.

À toda minha família, pelo carinho e apoio incondicional durante todo o caminho percorrido.

Às universidades, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul e Universidade do Porto, que me proporcionaram os recursos, ambientes e formação necessária para completar esse ciclo.

À família Musse Canal pelo carinho, apoio e orientação, tanto pessoal como profissional, que tiveram grande influência em minha escolhas.

À todos os professores com quem tive a oportunidade de aprender, em especial ao meu orientador, Professor Dr. José Manuel Marques Amorim de Araújo Faria, que sempre se mostrou interessado em passar ao seus alunos, para além dos conhecimentos técnicos, noções relativas à vida profissional de um engenheiro civil, e também pela oportunidade e apoio na elaboração deste trabalho.

À Anna, pelo carinho, atenção e companheirismo nas madruadas adentro revisando este trabalho.

À Casais Engenharia e Construção S.A, que oportunizou o desenvolvimento dessa dissertação proporcionando um ambiente de trabalho fundamental para concretização deste estudo. Gostaria de agredecer, em especial, à minha orientadora, Regina Novais Ramos e a toda a equipa de direção de obra, que muito colaboraram para este trabalho.

Por fim, agradeço aos meus amigos e colegas, que fizeram parte de minha formação contribuindo cada um de forma singular.

RESUMO

A presente dissertação aborda o tema das ferramentas visuais usadas no apoio ao planeamento e controlo de obras de Construção Civil.

Nessa perspetiva, buscou-se compreender as ferramentas que integram um dos métodos de aplicação da filosofia *Lean Construction*, conhecido como *Last Planner System* (LPS).

Definiu-se como primeiro objetivo da dissertação o estudo das ferramentas de planeamento e controlo utilizados por uma empresa portuguesa, bem como entender o cenário em que as ações de planeamento promovidas por essa empresa se encontravam e, deste modo, compreender os possíveis contributos da aplicação do *LPS*.

A dissertação foi realizada em ambiente empresarial com base no acompanhamento de uma obra concreta da Casais Engenharia e Construção S.A, localizada na cidade de Lisboa.

Trata-se de uma construção que se encontrava, no momento da realização da dissertação, em fase de acabamentos e em que foi possível introduzir de forma breve uma das fases do sistema *Last Planner*, nomeada *lookahead*.

Também foi possível realizar o monitoramento da previsibilidade do plano de trabalhos, na perspetiva do LPS. Constatou-se uma baixa previsibilidade do plano de trabalhos criado pela direção de obras e também baixa produtividade de trabalhos dos subempreiteiros monitorizados. Esses resultados indicam grande oportunidade de melhoria nesta área.

Foi possível concluir que o *Last Planner System,* através de seus princípios, sugere ferramentas aptas a fazer evoluir o cenário actual para uma situação mais eficiente, proporcionando às empresas (sobretudo aos subempreiteiros) uma real oportunidade de aumentar a sua produtividade, a partir de fluxos de trabalhos mais confiáveis.

PALAVRAS-CHAVE: Construção Civil, Direção-de-Obras, Sistema *Last Planner*, *Lean Construction*, Construção Enxuta.

ABSTRACT

This dissertation addresses the theme of visual tools applied to support the production planning and control process in Civil Constructions works.

This study aims to learn the tools and process that integrate one of the methods of application of Lean Construction philosophy, known as Last Planner System (LPS).

The first objective was to study the planning and production control tools implemented by a Portuguese company, as well as to understand the scenario in which the planning actions of the corporation were inserted and, then, understand the benefits of an LPS application.

The dissertation was conducted in a business environment based on the observation of a construction building of Casais Engineering and Construction S.A, located in Lisboa.

The construction was on its end execution phase when the study was carried out and made it possible to briefly introduce one of the phases of the Last Planner System, known as Lookahead Schedule.

It was also possible to track the predictability of the workflow from the perspective of the LPS. Lows values of the predictability of the schedule of works created by the site manager crew and low productivity of the subcontractor's work monitored were recognized as well. The results from the research reveal a wide range of opportunity for improvement in the area.

Therefore, the Last Planner System, through its principles, suggests tools able to improve the actual scenario for a more efficient situation and give companies the opportunity to increase their productivity (especially the subcontracts), from a more reliable work-flow.

KEYWORDS: Construction, Site Management, Production Planning and Control Process, Last Planner Systems, Lean Construction.

Índice Geral

AGRADECIMENTOS i

RESUMO iii

ABSTRACT v

1 INTRODUÇÃO 1

1.1. OBJETO, ÂMBITO E JUSTIFICAÇÃO 1

1.2. ENQUADRAMENTO DO ESTÁGIO 1

1.3. BREVE APRESENTAÇÃO DA EMPRESA CASAIS 2

1.3.1. ORGANOGRAMA FUNCIONAL DO GRUPO CASAIS 2

1.3.2. ORGANOGRAMA FUNCIONAL CASAIS ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO 4

1.4. BASES DO TRABALHO DESENVOLVIDO 6

1.5. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO 7

2 SISTEMA LAST PLANNER 9

2.1. PROCESSOS DE PLANEAMENTO 9

2.1.1. MONITORAMENTO E CONTROLO DE TRABALHOS 10

2.1.2. CENÁRIO DA CONSTRUÇÃO CIVIL 10

2.2. SISTEMA LAST PLANNER 12

2.2.1. PRINCÍPIOS, OBJETIVOS E IDEAIS FUNDAMENTAIS 12

2.2.2. ESTRUTURA DE TRABALHO DO LPS 13

2.2.3. PLANEAMENTO DE LONGO PRAZO NO LPS 14

2.2.3.1. CRONOGRAMA MESTRE/ *MASTER SCHEDULE* 14

2.2.3.2. PLANEAMENTO DE FASES/ *PHASE PLANNING* 15

2.2.4. PLANEAMENTO DE MÉDIO PRAZO/ LOOKAHEAD 16

2.2.5. PLANEAMENTO DE CURTO PRAZO/ COMMITMENT PLANNING 17

2.2.6. PLANO SEMANAL DE TRABALHO/ WEEKLY WORK PLAN 18

2.2.7. FERRAMENTAS INOVADORAS DO LPS 19

2.2.7.1. PLANEAMENTO PUXADO/ PULL PLANNING 19

2.2.7.2. PRIMEIROS ESTUDOS/FIRST RUN STUDIES 21

2.2.7.3. BALANCEAMENTO/*BALLANCING* 21

2.2.7.4. ANÁLISE DE CONSTRANGIMENTOS/ CONSTRAINTS ANALYSIS 21

2.2.7.5. BLINDAGEM DA PRODUÇÃO/ SHIELDING PRODUCTION 22

2.2.7.6. CRITÉRIOS DE QUALIDADE/ QUALITY CRITERIA 22

2.2.7.7. TORNAR ATIVIDADES PRONTAS PARA A PRODUÇÃO/ MAKE-READY 22
2.2.7.8. PERCENTUAL DO PLANO CONCLUÍDO (PPC) 23
2.2.7.9. ANÁLISE DE CAUSAS/ REASONS ANALYSIS 23
2.2.7.10. OS 5 PORQUÊ'S 26
2.3. LEAN NA CASAIS 27
2.3.1. LAST PLANNER 27
2.3.2. MAPA DE PRESENÇAS 28
2.3.3. PLANO DE AÇÃO 29
2.3.4. QUADRO DE GESTÃO DE PROJETO 30
2.3.5. QUADRO DE TAREFAS SEMANAL 30

3 DESCRIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA OBRA 33
3.1. INTRODUÇÃO 33
3.2. DESCRIÇÃO DA PRÉ-EXISTÊNCIA 33
3.3. DESCRIÇÃO FUNCIONAL 34
3.4. SOLUÇÃO PROPOSTA 35
3.5. DESCRIÇÃO DE TRABALHOS ACOMPANHADOS 36
3.5.1 TRABALHOS PLANEADOS PARA O EDIFÍCIO A 37
3.5.1.1. CARACTERIZAÇÃO AO NÍVEL DOS PISOS 41
3.5.1.2. DESCRIÇÃO DE TRABALHOS ACOMPANHADOS AO NÍVEL DE UM APARTAMENTO TIPO 43
3. 5. 2. TRABALHOS NOVOS NO EDIFÍCIO B 53

4 ORGANIZAÇÃO PRODUTIVA DA OBRA 57
4.1. INTRODUÇÃO 57
4.2. DIREÇÃO DE OBRA 57
4.3. INTERFACE COM DONO DE OBRA E FISCALIZAÇÃO 58
4.4. ESTALEIRO 60
4.4.1. GESTÃO DE EQUIPAMENTOS 61
4.4.2. LOGÍSTICA DE MOVIMENTO DE MATERIAIS 62
4.5. TRABALHOS FEITOS EM OBRA E TRABALHOS FEITO FORA DA OBRA 62
4.6. SUBEMPREITEIROS 64

5 TRABALHOS REALIZADOS NO ÂMBITO DO LAST PLANNER SYSTEM (LPS) 65

5.1. INTRODUÇÃO 65

5.2. PLANOS DE TRABALHOS 65

5.2.1. PLANO DE TRABALHOS BASE 66

5.2.2. PLANO DE TRABALHOS INTERNO – SUBEMPREITADAS 69

5.3. APRESENTAÇÃO DAS FERRAMENTAS DA LEAN CONSTRUCTION EM OBRA 71

5.3.1. QUADRO PARA O PLANEAMENTO DE MÉDIO PRAZO (*LOOKAHEAD)* 71

5.3.2. ANÁLISE DE CONSTRANGIMENTOS/ CONSTRAINTS ANALYSIS 77

5.3.3. PLANO DE TRABALHOS SEMANAL/WEEKLY WORK PLAN 78

5.3.4. QUADRO DE TAREFAS SEMANAL 79

6 EVIDÊNCIAS DO CONTROLO EFETUADAS SOBRE O QUE FOI PLANEADO 81

6.1. INTRODUÇÃO 81

6.2. ANÁLISE DE DADOS 81

6.2.1. TAXA DE CUMPRIMENTO SEMANAL DA OBRA (TCS) 81

6.2.2. ANÁLISE DAS CAUSAS PRIMÁRIAS 83

6.2.3. ANÁLISE DA TAXA TCS E UTILIZAÇÃO DE MÃO-DE-OBRA 84

6.2.4. ANÁLISE DA TAXA TCS E QUANTIDADES DE ATIVIDADES 85

6.2.5. ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE TAXA DE CUMPRIMENTO SEMANAL E PRODUTIVIDADE 87

7 CONCLUSÕES 93

LISTA DE REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 97

BIBLIOGRAFIA 99

ANEXOS 101

ANEXO A 103

MODELO DE TABELA DE APOIO AO MONITORAMENTO SEMANAL DE TRABALHOS. 103

ANEXO B 105

TABELA DE APOIO A CÁLCULOS DE CONTROLO DE PRODUTIVIDADE. 105

ÍNDICE DE FIGURAS:

Figura 1.1 – Organograma funcional do Grupo Casais 3
Figura 1.2 - Organograma funcional completo do Grupo Casais 4
Figura 1.3 – Organograma geral da Casais Engenharia e Construção.....5
Figura 1.4 – Organograma detalhado da Casais Engenharia e Construção.....5
Figura 2.1 - "Why use Last Planner System" (LCI).(NUTT e ZETTEL, 2013) 11
Figura 2.2 - Ciclo do Last Planner System (LCI) (DAVIDSON, 2015) 13
Figura 2.3 - Sequencia das fases do LPS (LCI) (TOMMELEIN e BALLARD, 2007).....14
Figura 2.4 - Exemplo de cronograma global de uma construção 15
Figura 2.5 - Metodologia tradicional de planeamento (LCI) (TOMMELEIN e BALLARD, 2007) 18
Figura 2.6 - Metodologia utilizada pelo LCI.(TOMMELEIN E BALLARD, 2007).....19
Figura 2.7 – 1° Análise das razões para falhas (TOMMELEIN e BALLARD, 2007).....24
Figura 2.8 – 2° Análise das razões para falhas (Tommelein e Ballard, 2007).....25
Figura 2.9 – 3° Análise das razões para falhas (TOMMELEIN e BALLARD, 2007).....26
Figura 2.10 - Quadro Last Planner – Análise de constrangimentos – Kaizen 28
Figura 2.11 - Mapa de presenças em reunião diária 29
Figura 2.12 - Plano de ação.....29
Figura 2.13 - Quadro de gestão de projeto – Kaizen.....30
Figura 2.14 - Quadro de tarefas semanal – Kaizen 31
Figura 3.1 - Localização (Fonte: Memória Descritiva e Justificativa).....34
Figura 3.2 - Vista da rua (Fonte: Memória Descritiva e Justificativa) 34
Figura 3.3 - Planta baixa (Fonte: Memória Descritiva e Justificativa).....35
Figura 3.4 - Versão final do ed. "A" (vendas de aptos) Fonte: JLL website.....37
Figura 3.5 - Recuperação de fachada em pedra lioz.....38
Figura 3.6 - Caixilharias de alumínio.....39
Figura 3.7 - Instalação de sistema de captação de energia solar 39
Figura 3.8 - Instalação rede de incêndio.....40
Figura 3.9 - Instalação de rede de esgotos.....40
Figura 3.10 - Instalação de elevadores.....41
Figura 3.11 - Planta de alvenarias piso 4. (Fonte: Projeto Arquitetónico) 42
Figura 3.12 - Instalação de máquinas de climatização VRV 42

Figura 3.13 - Forras das paredes das zonas comuns 43
Figura 3.14 - Portas corta-fogo dos corredores de acesso aos apartamentos 43
Figura 3.15 - Planta baixa apartamento T2C do piso 4 (Fonte: Projeto Arquitetónico) 44
Figura 3.16 – Inst. de paredes e tetos com gesso cartonado e com lã de rocha 44
Figura 3.17 - Acabamento de tetos 45
Figura 3.18 - Estrutura para instalação paredes gesso cartonado 45
Figura 3.19 - Aplicação de barramentos em paredes de gesso cartonado 46
Figura 3.20 - Revestimentos de casas de banho com pedra laminada Cristal White 46
Figura 3.21 - Revestimento de pavimento com soalho de madeira 47
Figura 3.22 - Manta acústica para pavimentos 47
Figura 3.23 – Revest. de pavimentos dos WCs com pedra laminada Cristal White 48
Figura 3.24 - Rodapés em MDF 48
Figura 3.25 - Instalação de portas internas dos apartamentos 49
Figura 3.26 - Instalação de louças sanitárias 49
Figura 3.27 - Montagem de cozinhas 50
Figura 3.28 - Instalação de divisórias em vidro 50
Figura 3.29 - Montagem de bancadas da cozinha 51
Figura 3.30 - Sistema AVAC (unidades interiores) 51
Figura 3.31 - Instalação de grelhas de ventilação 52
Figura 3.32 - Instalações elétricas: Quadros elétricos 52
Figura 3.33 - Instalação de iluminação nos apartamentos 53
Figura 3.34 - Exaustão cozinhas e assentamento de esquentadores 53
Figura 3.35 - Escavação do nível -4 54
Figura 3.36 - Escavação nível -4 com sincronização de giratórias 54
Figura 4.1 - Organograma de direção de obra 58
Figura 4.2 - Amostra de revestimento do pavimento em madeira 59
Figura 4.3 - Protótipo de forra de paredes das zonas comuns 59
Figura 4.4 - Planta de estaleiro 60
Figura 4.5 - Legenda da planta de estaleiro ampliada 60
Figura 4.6 - Planta alçado principal de ocupação de via pública 61
Figura 5.1 - Plano de trabalhos base 67
Figura 5.2: Plano de trabalhos interno – subempreiteiros 69
Figura 5.3 - Sequência tarefas plano internos – subempreiteiros 71

Figura 5.4 - Primeira versão do cronograma lookahead 72
Figura 5.5 - Primeira configuração de post-it 72
Figura 5.6 - Segunda versão do quadro lookahead 73
Figura 5.7 - Detalhe da segunda versão do cronograma lookahead 73
Figura 5.8 - Terceira versão do cronograma lookahead 74
Figura 5.9 - Segunda configuração de post-it 75
Figura 5.10 - Detalhe da última versão do cronograma lookahead 76
Figura 5.11 - Primeira versão plano de trabalhos semanal 78
Figura 5.12 - Segunda versão do plano de trabalhos semanal 79
Figura 5.13 - Quadro de tarefas semanal. 80
Figura 6.1 - Gráfico da taxa de cumprimento semanal (TCS) 83
Figura 6.2 - Gráfico de análise das causas 84
Figura 6.3 - Gráfico da relação entre %TCS e Utilização de mão-de-obra 85
Figura 6.4 - Gráfico de relação entre a taxa TCS e número de atividades planeadas 86
Figura 6.5 - Gráfico de relação das atividades 86
Figura 6.6 - Gráfico de análise das produtividades 89
Figura 6.7 - Gráfico da média da taxa TCS dos diversos subempreiteiros 90
Figura 6.8 - Gráfico de dispersão de valores de produtividade e %TCS 91

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 4.1 - Principais equipamentos usados na obra 62
Tabela 5.1 - Plano de trabalhos base 67
Tabela 5.2 - Plano de trabalhos interno – subempreiteiros 70
Tabela 6.1 - Análise de dados da produção 82
Tabela 6.2 - Análise da produtividade de sub-empreiteiros 88
Tabela 6.3 - Análise de correlação Produtividade x %TCS 90
Tabela 6.4 - Correlação entre valores 91

1 INTRODUÇÃO

1.1. OBJETO, ÂMBITO E JUSTIFICAÇÃO

A presente dissertação tem como objeto o estudo do planeamento de obras utilizando ferramentas visuais, neste caso, o estudo do sistema *Last Planner System (LPS)*, da filosofia *Lean Construcion*. Segundo Glenn Ballard, *Lean* é uma filosofia de gestão de organizações humanas definida por um ideal - dar aos clientes exatamente o que eles precisam para alcançarem seus propósitos sem gerar desperdícios - princípios que visam alcançar este ideal e por métodos utilizados para implementar estes princípios (BALLARD, 2018). O *Last Planner System* é um destes métodos utilizados pela *Lean Construction* que busca a criação de fluxos de trabalhos confiáveis e assim aumentar a produtividade das obras.

Segundo Ballard (BALLARD, 2018), actualmente, a construção civil pouco beneficia dos contributos do planeamento e controlo de obras e possui valores de produtividade próximos aos verificados há 30 anos atrás. Observa-se que, ao buscar controlar os planos de trabalho na área da construção civil, esses apresentam grande variabilidade, revelando-se muito imprevisíveis. Essa imprevisibilidade, dentro de grandes cadeias de fluxos que compõem projetos de construção civil, faz com que os profissionais não acreditem no processo de planeamento e, assim, não invistam tempo suficiente no planeamento e na preparação de trabalhos (tarefas concretas de construção), focando-se sobretudo em cumprir, com detalhe por vezes excessivo, as obrigações na área do controlo de custos.

Nesse contexto, a presente dissertação se justifica por pretender analisar, em específico, cada atributo do *Last Planner System,* de forma a identificar algumas vantagens da sua implementação na construção civil portuguesa, nomeadamente no que se refere à coordenação e controlo de trabalhos realizados pelos subempreiteiros.

1.2. ENQUADRAMENTO DO ESTÁGIO

O presente trabalho corresponde à materialização do estágio realizado em ambiente empresarial, no âmbito da dissertação de final de curso, do Mestrado Integrado em Engenharia Civil, na área de Construções, lecionado pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

No que concerne à forma de elaboração do trabalho de dissertação, foi escolhida a realização da tese em ambiente laboral, tendo em vista que essa alternativa proporcionaria tanto a visualização das implicações práticas da utilização do *Last Planner System,* como também a compreensão do sistema de gestão de obras seguida em uma empresa portuguesa de grande dimensão.

A escolha foi facilitada pela disponibilização para proporcionar o estágio por parte da empresa Casais Engenharia e Construção, S.A (CASAIS), que nesse enquadramento permitiu que fosse realizado o acompanhamento de uma obra em fase final de execução, localizada na Av. Infante Santo, em Lisboa.

A CASAIS também facilitou o acesso a todos os dados relativos ao projeto acompanhado, bem como a manuais referentes a trabalhos de consultoria estratégica e operacional realizados pela Kaizen Institute Portugal (consultora especializada em excelência operacional e melhoria contínua) para a CASAIS.

A obra acompanhada trata-se de uma construção de dois edifícios de serviços e habitação, localizados na Av. Infante Santo, nº76, na cidade de Lisboa, cuja execução se encontrava em fase de acabamentos.

O trabalho realizado nessa obra buscou sobretudo estudar o plano de trabalhos criado pela direção de obras, de forma a traduzi-lo em componentes visuais.

Também foi definido o objectivo de monitorizar os trabalhos semanais, a partir de ferramentas criadas pela Kaizen - já utilizadas pela Casais Engenharia - de forma a fundamentar e compreender o cenário em que a obra se encontrava em cada semana.

1.3. BREVE APRESENTAÇÃO DA EMPRESA CASAIS

A empresa Casais Engenharia e Construção S.A actualmente é uma das maiores construtoras de Portugal.

A sua criação, com o nome Antônio Fernandes da Silva & Irmãos LTDA, em 23 de Maio de 1958, foi realizada pelas duas gerações de Mestres Casais, José Gonçalves da Silva (Mestre José Casais) e António Fernandes da Silva (Mestre António Casais). Somente em 2008, após 50 anos de atividade, é que a empresa passou a se denominar Casais – Engenharia e Construção, S.A. (CASAIS). Actualmente, a 3° geração da família integra o conselho da empresa, e a 4° geração comanda a administração, representada pelo CEO, António Carlos Rodrigues.

Além dessa grande dimensão, os Empreiteiros Casais, como eram inicialmente nomeados, passaram a ser integrados por mais empresas no ramo da Construção Civil e nessa transformação passou a ser conhecida como Grupo Casais. Dentro dessa integração de empresas, podem ser destacadas a Carpincasais, a Socimorcasal, a Undel, a HidroCNT, a Opertec, a Construcasais, e a Ancorpor.

A atuação internacional da empresa, iniciada em 1994 na Alemanha, também é notória, possuindo projetos em Angola, nos Estados Unidos, no Brasil, e em outros 12 países estrangeiros. Em seu currículo também constam projetos muito conhecidos a nível nacional, tais como o Estádio Municipal de Braga e a Ponte sobre a Foz do Rio Dão (IP3).

A empresa também foi por diversas vezes premiada. Notoriamente, no ano de 2018, a Casais Engenharia recebeu o prémio Construir de Melhor Construtora Nacional e nos anos de 2017 e 2016 foi premiada com o prémio Construir de Inovação na Construção.

Por trás do sucesso do Grupo Casais está a aposta recorrente da empresa em investir em equipamentos modernos e desenvolver técnicas avançadas, sem abandonar a filosofia familiar, que objetiva a preservação do *know-how* e do modelo de gestão introduzido pelas famílias integrantes do Grupo Casais ao longo dos anos, fator que até hoje é utilizado para o crescimento e desenvolvimento do grupo.

1.3.1. ORGANOGRAMA FUNCIONAL DO GRUPO CASAIS

O organograma do Grupo Casais apresenta-se em seguida na figura 1.1. Neste organograma é possível visualizar de forma sintética o funcionamento das relações do grupo e sua estrutura.



Figura 1.1 – Organograma funcional do Grupo Casais

Na proxíma figura (ver figura 1.2), em verde estão representados os países e os diretores do país, em azul as empresas e seus diretores, e em amarelo os departamentos e seus respetivos. Além disso, é possível identificar os nove níveis de chefias em que o Grupo Casais está representado, sendo estes:

- Assembleia Geral;
- Conselho Administrativo do Grupo;
- Conselho Executivo do Grupo;
- Comissão Executiva composta pelo CEO e pelos 5 administradores do grupo;
- Coordenadores Internacionais: com um total de 7 coordenadores responsáveis por 15 países diferentes;
- Diretores de cada país: composto por 15 países e com um diretor para cada país;
- Diretores das empresas de cada país: com mais de 40 cargos a este nível em diferentes empresas atuantes nos diferentes países;
- Diretores dos departamentos: por último são representados os diretores dos diferentes departamentos que, mesmo estando a um nível abaixo dos diretores das empresas, deve-se reportar para os coordenadores internacionais, assim como os diretores das empresas.

Em seguida, apresentam-se o organograma mais detalhado para ilustrar a dimensão do Grupo Casais, ver figura 1.2.

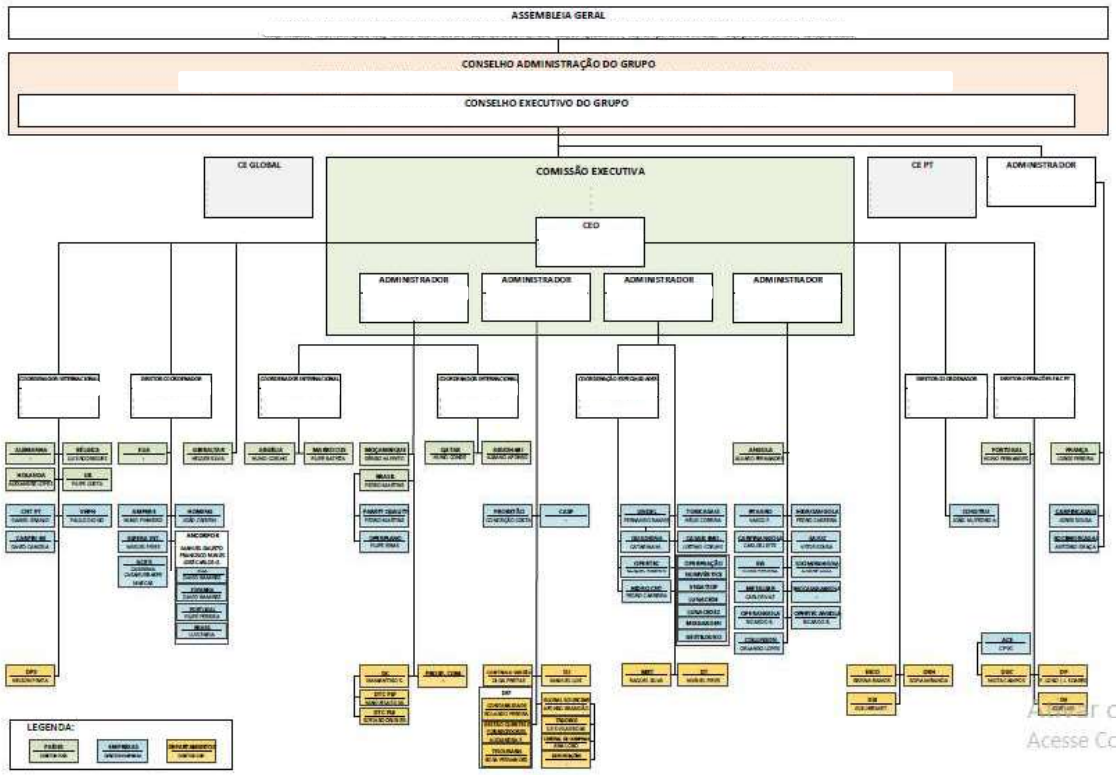


Figura 1.2 - Organograma funcional completo do Grupo Casais

1.3.2. ORGANOGRAMA FUNCIONAL CASAIS ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO

A nível dos cargos internos da Casais Engenharia e Construção, S.A, existe outro organograma, com uma estrutura mais detalhada tanto a níveis administrativos quanto operacionais, conforme é apresentado nas figuras 1.3 e 1.4.

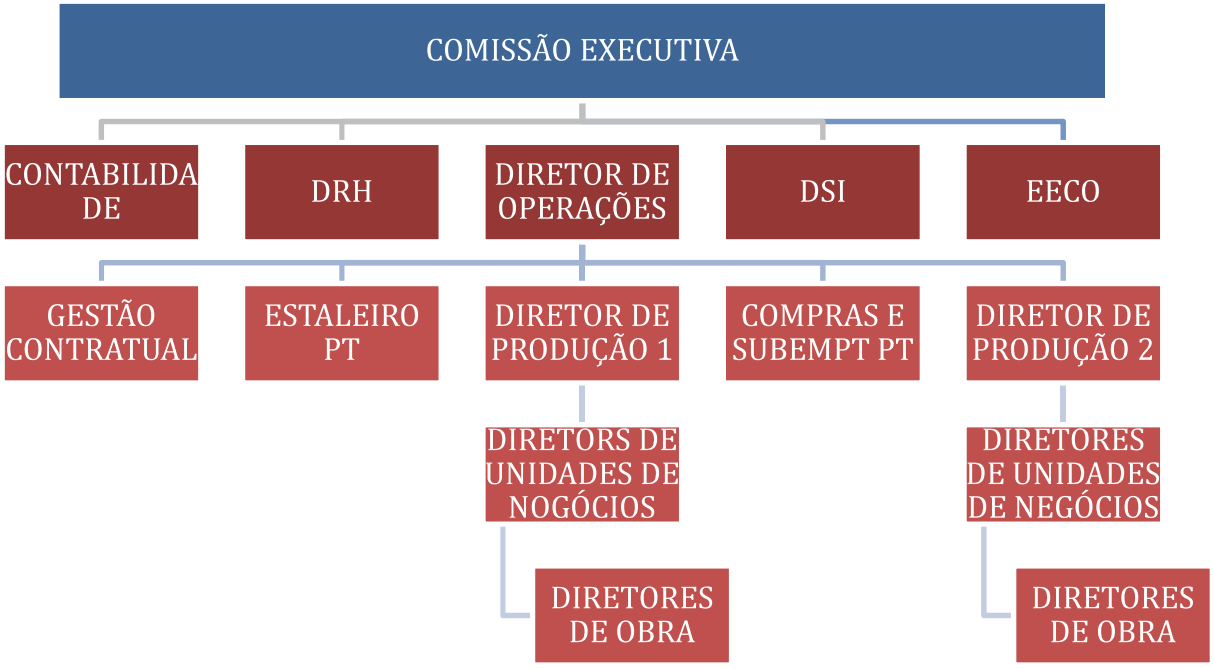


Figura 1.3 – Organograma geral da Casais Engenharia e Construção

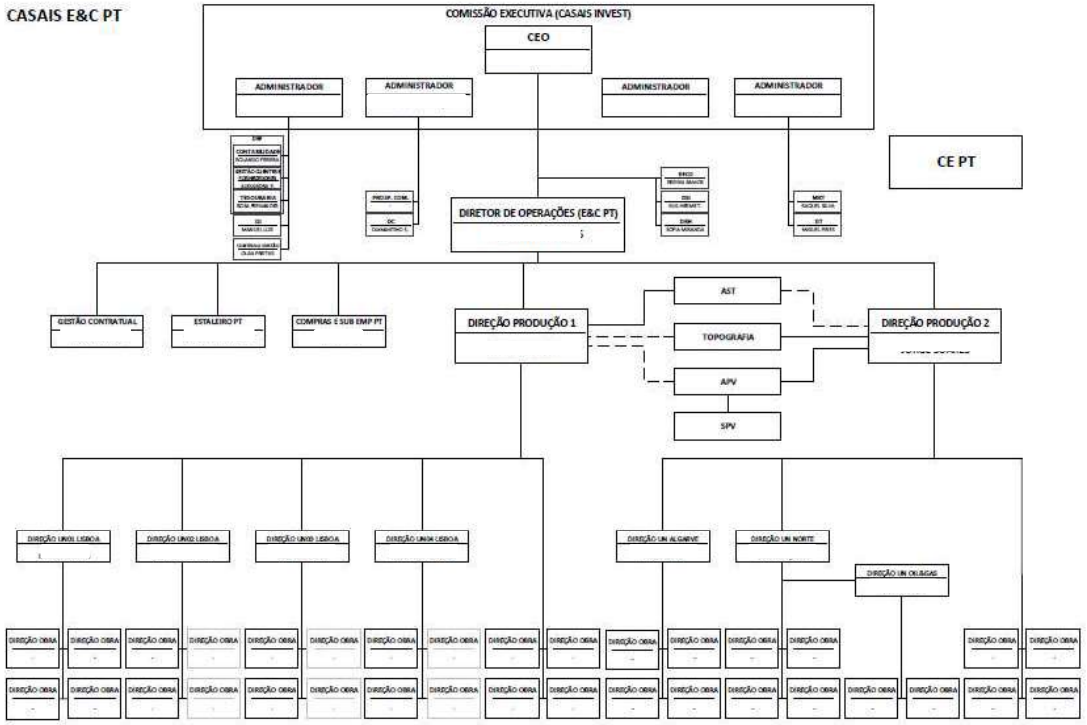


Figura 1.4 – Organograma detalhado da Casais Engenharia e Construção

Nos organogramas apresentados nas figuras 1.3 e 1.4 é possível identificar os seis níveis de chefias da Casais e que incluem:

- **O CEO da empresa;**
- **A Comissão executiva:** representada pelos mesmos membros do organograma anteriores;
- No terceiro nível, o organograma se ramifica para as diferentes áreas desde contabilidade até às diversas direções de operações (ver figura 3.9); Neste nível, o diretor de produção, assim como os reesposáveis do DRH, DSI e EECO respondem diretamente ao CEO da empresa, já que as restantes áreas reportam diretamente ao respetivo administrador.
- Já no nível 4, todos os diretores são chefiados diretamente pelo diretor de operações, Nuno Fernandes. Dentro desses diretores estão: dois diretores de produção, gestão contractual, estaleiro, compras, topografia, entre outros, conforme a figura 3.10 evidencia.
- O organograma segue com a representação dos atuais sete diretores das unidades de negócios, que respondem diretamente aos diretores de produção e trabalhando em equipa com os vinte e oito diretores de obra que respondem diretamente aos diretores das unidades de negócio.

1.4. Bases do Trabalho Desenvolvido

Para o desenvolvimento do Capítulo 1, consultou-se o *website* da empresa Casais – Engenharia e Construção, S.A, e o livro Mestria – Casais, 1958-2018.

O capítulo 2 teve como referência a consulta a vários artigos científicos que abordam o sistema *Last Planner*. Prioritariamente, foram estudados os artigos produzidos pelo *Lean Construction Institute* (Estados Unidos), cujo principal autor é Glenn Ballard, mentor do sistema LPS. Também foram consultados manuais de preenchimento de tabelas e arquivos da Kaizen Institute Portugal, e também consultas ao PMBOK Guide (quarta edição) e ao livro Direcção de Obras, organização e controlo de J.M. Mota Cardoso.

As informações incluídas no capítulo 3 foram obtidas através da consulta a diversos documentos fornecidos pela Casais Engenharia e Construção S.A, dentre eles, a memória descritiva e justificativa, o mapa de trabalhos e quantidades, os orçamentos e o plano de trabalhos global da obra acompanhada. Também se utilizaram informações obtidas através da realização do estágio profissional e fotos obtidas pelo autor.

No que concerne ao capítulo 4, foram consultados o livro Mestria – Casais, 1958-2018, e os documentos fornecidos pelo Grupo Casais, dentre eles, a planta de estaleiro e os organogramas funcionais da empresa, além de fotos diversas obtidas pelo autor.

O capítulo 5 consultou as tabelas de preenchimento da Kaizen Institute Portugal e fotografias diversas obtidas pelo autor.

O capítulo 6, por fim, utilizou como referência os resultados de estudos realizados por Glenn Ballard, em diversas fontes (vídeos de conferências, artigos, etc.).

Ao longo de toda a dissertação foram consultados livros técnicos, dissertações de mestrado e de doutoramento, do mesmo modo que realizada consulta a vários elementos da disciplina de Gestão de Obras e Segurança, de autoria do Professor José Amorim Faria.

1.5. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação encontra-se organizada em sete capítulos.

No capítulo 1, faz-se uma breve introdução da dissertação, apresentando seus objetivos, âmbito e justificação. Também é apresentado o enquadramento do estágio, uma breve apresentação da empresa acolhedora, enumeram-se as bases de trabalho desenvolvido e, por fim, esclarece-se a organização do trabalho.

Em seguida, o capítulo 2 introduz os aspetos relativos ao sistema *Last Planner,* descrevendo as fases que compõem o sistema e explicando suas principais características. No final, realiza-se uma breve descrição das ferramentas desenvolvidas pela Kaizen Institute Portugal e utilizadas pela Casais Engenharia e Construção S.A.

Posteriormente, no capítulo 3, o tema abordado é a organização produtiva da obra, sendo descrita a organização funcional da empresa, apresentada a direção de obras, caracterização do estaleiro de obras, de trabalhos feitos em obra e fora de obra e dos subempreiteiros, por fim, é explicado o interface com a fiscalização de obras.

Já no capítulo 4, faz-se uma caracterização da obra em estudo, apresentando os trabalhos a serem executados e as principais empresas responsáveis por sua realização.

No capítulo 5, buscou-se evidenciar os trabalhos realizados no âmbito do *Last Planner System*, fazendo-se uma apresentação das ferramentas que vinham sendo utilizadas na obra e das ferramentas que foram implementadas ao longo do estágio.

Seguidamente, no capítulo 6, o tema tratado associa-se ao tratamento e apresentação de evidências concretas das acções de controlo sobre o que foi planeado fazer em cada semana por parte dos diversos subempreiteiros. Neste capítulo, é realizada uma análise de dados obtidos em obra relativos à produção, em que se buscou compreender qual o actual cenário da Casais Engenharia e as oportunidades de avanço a partir de uma implementação completa do sistema *Last Planner*.

Enfim, no capítulo 7, é apresentada a conclusão do trabalho desenvolvido, incluindo a enumeração e análise dos principais resultados obtidos.

2
SISTEMA LAST PLANNER

2.1. PROCESSOS DE PLANEAMENTO

A quarta edição do *PMBOK Guide*[1] define processos de planeamento como: "processos realizados para estabelecer o escopo[2] de esforços e refinar os objetivos, bem como desenvolver um curso de ações necessárias para alcançar esses objetivos" (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2008). Dentro desse princípio os profissionais deste ramo possuem algumas da seguintes funções:

- Definir escopo do projeto[3];
- Detalhamento do projeto com a ferramenta WBS (*Work Breakdown Structure*)[4];
- Definir e sequenciar as atividades;
- Estimar a utilização de recurso;
- Estimar as durações de tarefas;
- Desenvolver os cronogramas;
- Estimar os custos;
- Determinar os orçamentos;
- Planear a qualidade;
- Planear a comunicação;
- Identificar e planear os riscos;
- Executar os processos de planeamento etc.

No que se refere especificamente à área do planeamento de obras abordada nesta dissertação, o planeamento de trabalhos, este consiste em definir a ordem e a forma como se vão executar e em que tempo os diversos trabalhos a realizar para a obra, e constitui uma das principais preocupações de um responsável por uma obra, para evitar interrupções, repetições, custos agravados e outras deficiências" (CARDOSO, 2007).

[1] A guide to the project management body of knowledge.
[2] The sum of products, services, and results to be provided as a project (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2008).
[3] The work that needs to be accomplished to deliver a product, service, or result with the specified features and functions (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2008).
[4] A document that describes each component in the WBS. For each component, the WBS dictionary includes a brief definition of the scope of work, defined deliverable(s), a list of associated activities, and a list of milestones. Other information may include: responsible organization, start and end dates, resources required, an estimate of cost, charge number, contract information, quality requirements, and technical references to facilitate performance of the work (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2008).

2.1.1. MONITORAMENTO E CONTROLO DE TRABALHOS

A partir de um planeamento bem realizado, os profissionais da direção de obras possuem funções de monitorar e controlar os trabalhos que estão a ser executados de forma a garantir que os projetos estão no caminho certo para alcançar os objetivos traçados.

Na âmbito da gestão de projetos, os termos "monitorar" e "controlar" assumem aspetos relevantes. Segundo o *PMBOK Guide*, monitorar significa "coletar dados de desempenho de projetos referentes a um plano, produzir medições de desempenho e reportar e disseminar informações de desempenhos", enquanto controlar significa "comparar desempenho atuais com desempenhos planeados, analisar variações, avaliar tendências que afetem a melhoria de processos, avaliar possíveis alternativas e recomendar apropriadas ações corretivas quando necessário".

"Monitorar e controlar consiste em processos que requerem rastreamento, revisão e regulação do progresso e desempenhos do projeto; identificar as áreas que precisam de mudanças no plano são ações necessárias; e iniciar as respetivas mudanças."(PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2008). Neste sentido, o principal benefício destas funções se torna a constante busca por variações[5] do que se está a executar sobre que se está planeado.

Conforme a quarta edição do PMBOK Guide 2008 o processo de monitoramento e controlo inclui:

- Controlar mudanças e recomendar ações para prevenir possíveis problemas;
- Monitorar as atividades do projeto que estão a ser executadas, comparando os desempenhos atuais com plano de trabalhos e com a linha base de desempenho (*performance baseline*[6]), e;
- Influenciar fatores e ações de controlo para que apenas mudanças aprovadas sejam implementadas.

Os teóricos do controlo de produção apontam dois caminhos distintos a serem utilizados para regular o fluxo de trabalhos: empurrar e puxar (BALLARD, 2000). O primeiro caminho, "*push planning*" trabalha a ideia de entregar os recursos para as obras, os centros de produção da construção civil, de acordo com as datas pré-estabelecidas antes mesmo que os primeiros trabalhos se iniciem. Já no segundo caminho, *pull planning*, os recursos são planeados e ficam disponíveis para a produção em função do ritmo de trabalhos e dos requisitos (demandas) da própria produção. É nesse princípio (*pull planning*), em que as técnicas do *Last Planner System* se baseiam.

2.1.2. CENÁRIO DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Inúmeros estudos realizados no Brasil e no exterior indicam que as deficiências no processo de planeamento e controlo estão entre as principais causas da baixa produtividade do setor da Construção Civil, das suas elevadas perdas e da baixa qualidade dos seus produtos (Moura e Formoso, 2009). Dentro desse cenário, observa-se que uma das maiores dificuldades dos responsáveis por esta tarefa em Construções Civis é a imprevisibilidade dos fluxos de trabalhos. A Engenharia Civil tem esta característica na área da gestão de obras. Os trabalhos são realizados em um ambiente com níveis baixos de controlo, com

[5] A quantifiable deviation, departure, or divergence away from a know baseline or expected value (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2008).
[6] An approved plan or project, plus or minus approved changes. It is compared to actual performance to determine if performance is within acceptable variance thresholds (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2008).

uma influência dominante do tempo para o avanço de trabalhos e ainda existe uma resistência muito grande, por parte dos empreiteiros, para implementar novas tecnologias e novas ideologias de trabalho.

Para reforçar a ideia existem alguns dados fornecidos pelo *Lean Construction Institute (LCI)*[7] que justificam a principal razão para a implementação de um novo e eficaz sistema de planeamento e controlo de produção, ver figura 2.1:(NUTT e ZETTEL, 2013)

- Empreiteiros que completam o projeto dentro do prazo: 30%
- Empreiteiros que completam o projeto dentro do orçamento estabelecido: 27%

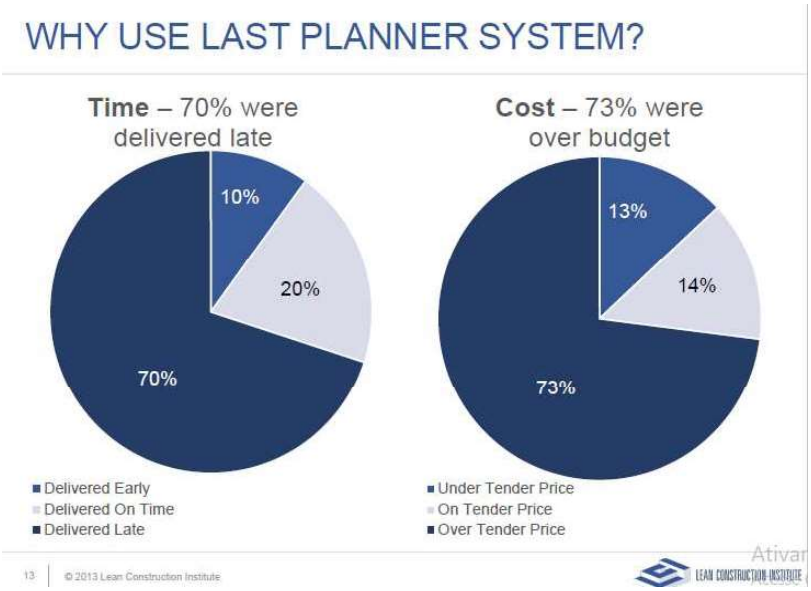


Figura 2.1 - "Why use Last Planner System" (LCI).(NUTT e ZETTEL, 2013)

Estes números refletem dramaticamente a necessidade de um atuar por parte dos grandes empreiteiros no sentido de inverter este paradigma.

Uma análise de probabilidade de intersecção destes dois eventos, ou seja, a probabilidade de que uma obra cumpra seu prazo e seu orçamento, fica a cerca de apenas 8%, segundo o cenário apresentado.

Em função destas variáveis existentes no campo da Construção Civil, muitos empreiteiros optam por um pensamento optimista para que tudo ocorra conforme o planeado. Acabam, assim, a não desenvolver novas metodologias[8] de trabalho para diminuir essas incertezas e o resultado disto é uma baixa produtividade.

[7] It is a non-profit organization that operates as a catalyst to transform the industry through Lean project delivery (LCI website 2019).

[8] A system of practices, techniques, procedures, and rules used by those who work in a discipline (PROKECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2008).

2.2. SISTEMA LAST PLANNER

2.2.1. PRINCÍPIOS, OBJETIVOS E IDEAIS FUNDAMENTAIS

O *Last Planner System* (LPS) é um sistema de operações que tem como propósito tornar os processos de produção em fluxos de trabalhos confiáveis. Segundo Glenn Ballard, os princípios que orientam a aplicação desse sistema são (BALLARD, 2018):

P.1. Planear com mais detalhe a medida que se aproxima das datas de início das atividades;
P.2. Produzir os planos de trabalhos de forma cooperativa com os profissionais que irão realizar, propriamente dita, as tarefas;
P.3. Revelar e remover, em equipa, os constrangimentos de atividades planeadas;
P.4. Fazer e assegurar "promessas" (metas semanais) confiáveis;
P.5. Aprender a partir de falhas.

Um dos fundamentos para alcançar uma maior confiabilidade no fluxo de trabalhos é a busca por uma colaboração maior de todas as especialidades envolvidas no projeto. A ideia de que uma pessoa autónoma é capaz de fazer o planeamento de diversas atividades de um projeto está a ser substituída por um trabalho em equipa, gerando autonomia e transparência entre os profissionais. Este envolvimento colaborativo no planeamento faz com que as equipas tragam suas prioridades para o grupo, que elas ganhem consciência das prioridades das outras especialidades e, assim, entendam e otimizem o processo de produção com um "planeamento integrado". A confiança no fluxo de trabalho a ser transferido de uma equipa de produção para outra equipa é a chave para alcançar uma melhor produtividade (TOMMELEIN e BALLARD, 2007).

Além deste desenvolvimento colaborativo do planeamento, a busca por fluxos de trabalhos confiáveis é conquistada com outras técnicas desenvolvidas ao longo das fases do sistema *Last Planner*, sendo uma delas conhecida como *Pull Planning*.

Esta técnica é primeiramente utilizada quando se pretende planear os trabalhos por fases (*phase planning*) em que se exige executar um planeamento de trabalhos de modo inverso, começando a partir do objetivo que se pretender atingir (marco do projeto) e avançando (de trás para frente) até a data em que está a ser realizado o planeamento, utilizando a seguinte pergunta – "o que precisa ser feito imprescindivelmente e imediatamente antes deste marco para que possamos alcançá-lo?" – e, assim, de maneira consecutiva para todas as atividades que agregam valor ao projeto. Dessa forma, se estabelece um fluxo de trabalhos contínuo, em que se eliminam os desperdícios, neste caso o tempo, e priorizam-se os trabalhos que irão agregar valor ao projeto. Estas tarefas que agregam valor ao projeto podem ser entendidas como tarefas que irão liberar frentes de trabalho para outras equipas e assim manter um fluxo constante de "entregas" (*handoffs*) entre as diferentes especialidades ou equipas produtivas.

Outra forma de buscar uma boa previsibilidade no planeamento é a aplicação de "critérios de qualidade" a atividades que estão no cronograma de trabalhos. O LPS aplica uma série de ferramentas para que apenas os trabalhos que cumprem certos requisitos de qualidade possam ser levados adiante. Atividades que não estão prontas para produção (para serem executadas) por motivos como, por exemplo, possuir um "constrangimento", em inglês *constraints*, para seu início, são retiradas da "linha de frente"[9] e não são encaminhadas para a produção. Estes constrangimentos ou também conhecidos como restrições, podem ser tanto "indisponibilidade de recursos", quanto "diretivas ou questões relacionadas informações actualizadas por parte de projetistas" (TOMMELEIN e BALLARD, 2007).

[9] Próximas tarefas que se pretende realizar. Tarefas que passarão da primeira semana do plano de médio prazo (lookahead) para planeamento de curto prazo, conhecido como plano de trabalhos semanal (weekly work plan).

Assim, é por meio desta metodologia de trabalho que o pensamento *Lean* acredita ser possível alcançar uma melhor produtividade na construção civil. O pensamento da Lean Construction não se baseia na ideia de que os melhores valores de produtividade são alcançados com o aumento de recursos. Também não visa fazer com que aumente-se a carga de trabalho dos funcionários. A busca por um planeamento colaborativo existindo uma maior troca de informações entre as equipas, a priorização por tarefas que agregam maior valor e a proteção ao sistema de produção, visa trazer uma eficaz alocação de recursos e a obtençãode melhores valores de produtividade.

2.2.2. Estrutura de Trabalho do LPS

O *Last Planner System* é estruturado em diversas fases. A começar com um planeamento com um nível baixo de detalhes, normalmente um gráfico de barras. Este planeamento vai evoluindo a cada uma das fases do LPS buscando-se uma quebra de grandes parcelas do projeto em atividades menores, mais detalhadas e bem definidas a medida que os trabahos planeados vão sendo requisitados (puxados) pela produção (*pull planning*).

A figura 2.2 seguinte mostra os níveis do *Last Planner System,* quais vão ser abordados com mais detalhes a seguir.

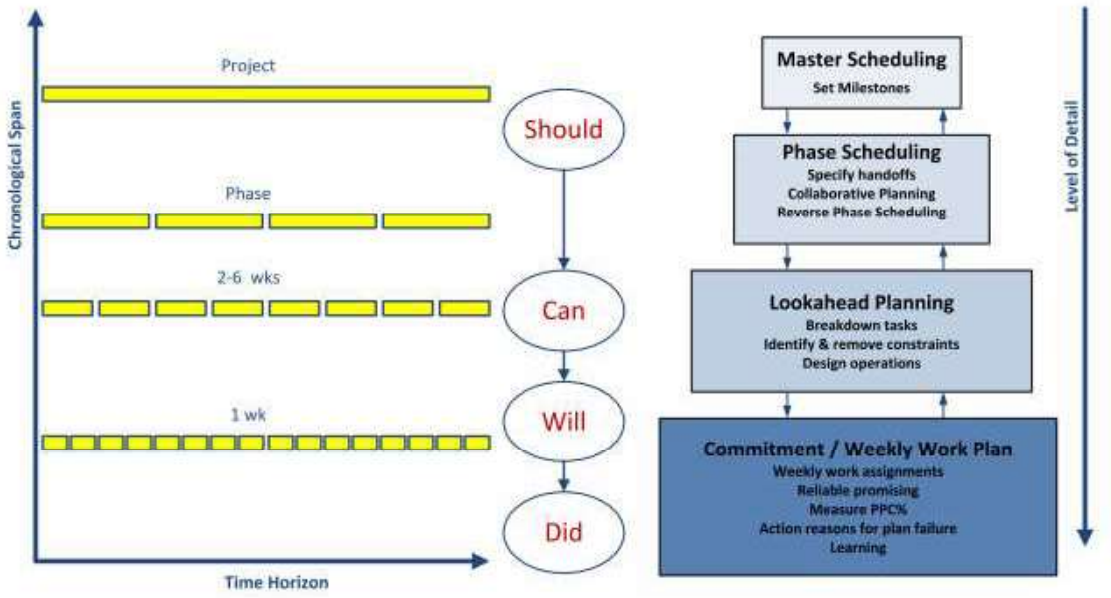


Figura 2.2 - Ciclo do Last Planner System (LCI) (DAVIDSON, 2015)

Esta figura (figura 2.2) é interessante pois mostra um dos princípios de trabalho deste sistema (P1 do ponto 2.2.1.). A sequência de avaliação segue uma ordem crítica, primeiramente planeando o que deve ser feito (SHOULD), seguindo para o que pode ser feito (CAN), até chegar ao confiável cronograma de trabalhos do que realmente vai ser feito (WILL). Vale a pena frisar a grande importância "do que realmente foi feito" (DID), pois é a partir de análises e feedbacks desta fase que se torna cada vez mais confiável o planeamento das atividades.

O processo então engloba as seguintes fases, conforme ilustrado na figura 2.2: (1) O planeamento de longo prazo, conhecido como *master schedule,* em que se definem os objetivos e os marcos de projeto.

Nesta mesma fase também se desenvolve um planeamento por fases globais do projeto e a "programação" de tabalhos colaborativa, conhecida com *pull planning*, começa a ser desenvolvida. (2) O *Lookahead schedule*, planeamento de médio prazo, com um espaço de tempo variando de 3 a 12 semanas, a depender da fase em que o projeto se encontra. É nesta esfera de trabalho que a maioria das ferramentas do LPS são desenvolvidas até chegar ao *weekly work plan*. (3) O planeamento de curto prazo no qual apenas "tarefas prontas para serem executadas" podem ser "puxadas" para esse cronograma semanal. A figura 2.3 seguinte ilustra a ideia destas 3 fases de planeamento e controlo de produção, utilizadas pelo sistema *Last Planner*.

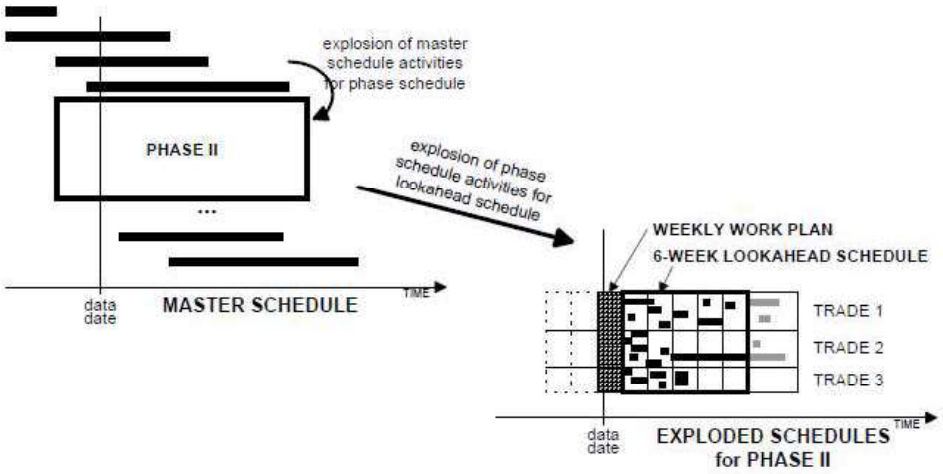


Figura 2.3 - Sequencia das fases do LPS (LCI) (TOMMELEIN e BALLARD, 2007)

2.2.3. Planeamento de longo prazo no LPS

2.2.3.1. Cronograma Mestre/ *Master schedule*

O cronograma mestre (*master schedule*[10]) deve estabelecer alguns objetivos globais que norteiam o empreendimento como um todo (MOURA e FORMOSO, 2009). Para elaboração desta fase inicial, o nível de incertezas é alto e, por isso, não se justifica buscar um nível de detalhamento elevado. Normalmente este cronograma mestre se refere ao gráfico de barras composto pelas tarefas globais. O nível de detalhe se encontra na definição dos marcos de projeto definidos pelo dono de obra, projetistas e empreiteiros.

A figura 2.4 serve com um exemplo gráfico desta primeira fase do LPS. O exemplo foi tirado de um trabalho académico realizado pelo autor, no âmbito da disciplina de Gestão de Obras da FEUP.

[10] A summary-level project schedule that identifies the major deliverables and work breakdown structure components and key schedules milestones (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2008).

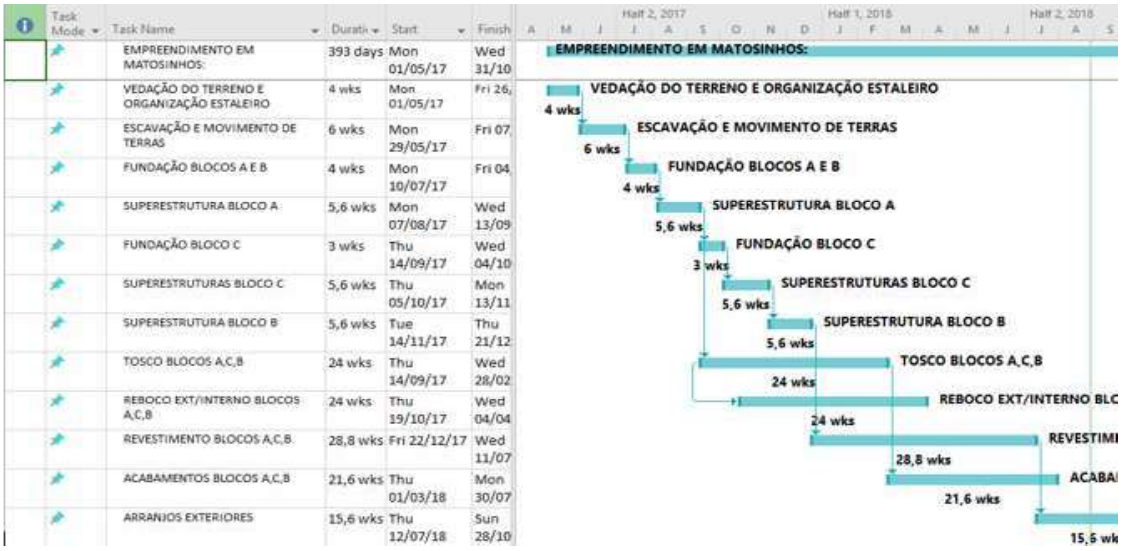


Figura 2.4 - Exemplo de cronograma global de uma construção

O objetivo desta fase é a identificação dos marcos de projeto. Como definido pelo Project Management Book Guide (PMBOK), um marco de projeto é: *"a significant point or event in the project*" (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, pg 468, 2008) , em português, um evento importante no projeto.

Além disso, os marcos de projeto são importantes por serem os pontos de controlo do cliente e de quem está encarregado por avaliar o desempenho do projeto. As justificativas de desempenhos obtidos são fundamentadas com o alcance dos marcos. Além de serem, também, de extrema importância para a se efetivar as diversas facturas ao decorrer dos trabalhos.

2.2.3.2. PLANEAMENTO DE FASES/ *PHASE PLANNING*

Como foi bem definido pelo autor, o propósito do planeamento por fases é produzir um plano para finalizar uma fase de trabalho que maximize a geração de valor, como também que todos os envolvidos compreendam e suportem o plano (BALLARD e HOWELL, 2003).Vale a pena observar que o nível de detalhe desta etapa depende, essencialmente, da fase do projeto em que se está trabalhando. Ou seja, depende das diferentes entregas, *"handoffs"*, entre especialistas que estão responsáveis por executar os trabalhos desta fase.

A prática utilizada nesta etapa é conhecida como *"Work Breakdown Structure"* (WBS). Esta ferramenta permite subdividir fases do projeto para que estas possam ser geridas e, assim, seja possível atingir os objetivos do projeto.

O pensamento da*"Lean Construction"* para esta prática de trabalho se difere um pouco do conceito tradicional que acredita que as progressivas subdivisões das atividades globais do projeto, eventualmente, se tornem nas especificações de processos (BALLARD e HOWELL, 2003). Ballard concorda que o WBS tem o trabalho de ligar produção e processos, mas não acredita que isso possa ser feito com este procedimento tradicional de subdivisão do projeto (BALLARD e HOWELL, 2003).

A crítica de Ballard se encontra na forma como essa subdivisão é feita. Ele defende a especificação não apenas de "o que" e "como" as atividades vão ser subdivididas, mas principalmente o modo como vai ser feito a transição entre os especialistas envolvidos. Em outras palavras, ele defende uma subdivisão

com tarefas que vão agregar um maior valor possível ao projeto. "Propusemos que cronogramas são produtos da estruturação do trabalho que especifica objetivos e entregas entre especialistas necessários para atingir estes objetivos" (BALLARD e HOWELL, 2003).

O processo para realização deste cronograma é nomeado, pelos profissionais do *Lean Construction Institute* (LCI), como *Pull Planning*. O nome "planeamento puxado" vem do modo como o cronograma é desenvolvido, da jusante para montante, ou seja, começando com o objetivo que se pretende atingir e avançando para a montante em função da ordem das "restrições" (requisitos) necessárias para concluir este objetivo. Desta forma, é possível buscar cadeias de fluxos de trabalhos objetivando uma maior agregação de valor ao projeto e também inicia-se uma análise de "constrangimentos", em inglês *constraints.* Esta análise pode ser compreendida como as ações necessárias para identificar e eliminar "restrições" que podem vir a impedir a execução das tarefas programadas.

Nesta fase de planeamento, devem colaborar todas as especialidades responsáveis pelos trabalhos incluídos na fase em que se está a planear. Dentro deste grupo se encontram os empreiteiros e subempreiteiros podendo incluir também projetistas e o dono de obra. Um número muito elevado de pessoas para participar de reuniões importantes como esta não é aconselhável, porque dificulta a objetividade das conversas. Porém, deve-se priorizar a participação de pelo menos um dos responsáveis pelas diferentes atividades da fase em que se planeia, para que todas as necessidades e constrangimentos sejam determinadas de forma mais eficiente e dinâmica.

Segundo a LCI, os participantes têm as funções:

- Definir o trabalho incluído na fase;
- Determinar a data término da fase e também as datas de entregas internas desta fase;
- Desenvolver o sequenciamento e a relação de atividades em uma área visível para todos;
- Aplicar as durações de trabalhos e seus planos de contingência;
- Reexaminar a lógica da execução de trabalhos com a ideia de reduzir a duração;
- Determinar a data de início mais cedo para a fase;
- Se existir algum tempo reserva dentro desta fase, deve-se alocar esse tempo com uma prioridade a atividade mais críticas;
- Verificar, com as equipas produtivas, se elas estão de acordo com os prazos para execução de seus trabalhos;

2.2.4. Planeamento de médio prazo/ Lookahead

Esse planeamento possui um nível intermediário de detalhamento dentro da hierarquia deste sistema, sendo este um produto derivado do planeamento mestre e do planeamento por fases. O *Lookahead,* como é conhecido em inglês, detalha e ajusta o orçamento e o cronograma, alocando recursos e separando as atividades, cujos recursos ainda não estão disponíveis (TOMMELEIN e BALLARD, 2007.). Essencialmente, é nesta etapa que se faz o controlo do ritmo de trabalhos.

Esse cronograma é composto essencialmente pelas atividades que podem (CAN) ser executadas, ou melhor, que o responsável pelo planeamento pensa ser possível de serem realizadas com base nas condições atuais do projeto. Como referido antes, um nível maior de detalhe começa a ganhar força fazendo com que os responsáveis das equipas produtivas planeiem suas tarefas em uma disposição diária. Este planeamento é feito em uma reunião com as presenças de todos os participantes confirmados, com pelo menos uma antecedência de seis semanas. Uma boa prática nesta fase é o aviso prévio aos colaboradores para que estes preparem-se, estudem o projeto, saibam quais as atividades e áreas do projeto que serão abordadas para que, assim, se consiga construir o melhor sequenciamento de atividades possível.

Esta fase possui um espaço de tempo, em geral, de 3 a 12 semanas à frente do dia em que se esta a executar os trabalhos, mas recomenda-se a utilização de 6 semanas. Esta duração é estabelecida em função das diversas incertezas que ainda existem em relação a uma fase futura da obra. Até que ponto no futuro se deve planear as atividades, é determinado em função do trabalho a ser realizado e da capacidade de resposta dos fornecedores, ou seja, aqueles que fornecem insumos[11] (incluindo pré-requisitos, recursos e diretivas) às várias tarefas (TOMMELEIN e BALLARD, 2007.).

Conforme mostra a figura 2.2, qual ilustra o ciclo do LPS, o planeamento *lookahead* está em uma esfera composta por tarefas que podem (CAN) ser executadas. Ou seja, o trabalho consiste em analisar tarefas que simplesmente devem (SHOULD) ser executadas e tornar a sua execução possível, tanto em termos físicos quanto financeiros.

Para que isso seja possível, existe um certo "filtro" anterior a esta fase. As atividades que possuem um tempo de espera *(lead time)* maior do que a duração em que se trabalha neste cronograma, não podem sequer ser "puxadas" para esta fase. Assim, aos poucos vai-se aproximando do objetivo maior do sistema *Last Planner*, que pode ser definido como: "alcançar um planeamento com um fluxo de trabalho confiável".

As características principais que delimitam este "filtro", definidas pelo LCI são:

- **Explosão**: detalhamento de trabalhos do cronograma mestre. Uma quantidade maior de detalhes é necessária durante o planeamento *lookahead* em relação aos trabalhos anteriores e posteriores das atividades, de modo que o planeador possa verificar os constrangimentos da atividade e verificar se a esta pode ser preparada (ficar pronta para ser executada) até à dada de início programada (TOMMELEING e BALLARD, 2007);
- **Priorização/Escolha**: determinação da situação de uma determinada tarefa seguido de uma escolha por adiantar ou atrasar os trabalhos dependentes dessa, no cronograma de longo prazo (*master schedule*). Esta escolha é feita em função de uma análise de constrangimento das tarefas e da probabilidade de se remover todos os constrangimentos de uma atividade antes do início planeado;
- **Preparar tarefa:** uma vez feita a análise de constrangimentos deve-se prosseguir para a preparação de atividades em que são tomadas as ações necessárias para a remoção destes constrangimentos.

A partir desta fase é possível identificar os pontos chaves deste sistema de planeamento e controlo de produção. Começa a se criar um ambiente colaborativo de trabalho, com conversas honestas entre as diferentes equipas de produção. Os "constrangimentos" de atividades do projeto são facilmente identificados pelos colaboradores para que eles possam ser removidos antes das respetivas tarefas serem iniciadas. Estes aspetos possibilitam que as equipas consigam planear e alocar os seus recursos de um modo eficaz.

2.2.5. Planeamento de curto prazo/ Commitment planning[12]

Conforme apresentado no "*Workbook*" do *Lean Construction Institute*: O "planeamento assumido como um compromisso" envolve se em comprometer-se com o que vai ser feito, após uma análise comparativa

[11] Elementos necessários para a produção de um determinado produto ou serviço.
[12] "*Commitment planning involves committing to what will be done, after evaluating SHOULD against CAN based on actual receipt of resources and completion of prerequisites"*(TOMMELEIN e BALLARD, pg 13, 2007)

do que DEVE (SHOULD) ser feito com o que PODE (CAN) ser feito, fundamentado na actual disponibilização de recursos e após a determinação de todos os pré-requisitos aplicáveis (TOMMELEIN e BALLARD, pg 13, 2007). Este procedimento é conhecido por critérios de qualidade, em inglês *quality assignments,* e vai ser abordado com mais detalhes a seguir.

2.2.6. PLANO SEMANAL DE TRABALHO/ WEEKLY WORK PLAN

O plano semanal de trabalhos é a fase em que existe o maior nível de detalhamento no planeamento e também onde é feito o "controlo de desempenho" do *Last Planner System*. Seguindo um dos princípios do LPS, que procura plenar com mais detalhe a medida que se aproxima do prazo de início das atividades, esta semana de trabalhos é ilustrada em um quadro a que todos tenham acesso. Cada linha deste quadro representa uma empresa, com o respetivo sub-empreiteiro encarregado por realizar as tarefas planeadas para a semana. O quadro também é composto por colunas que contêm os dias da semana e por uma coluna destinada à análise de previsibilidade do planeamento, a taxa de cumprimento semanal (TCS), conhecida em inglês como *Percent Plan Conclude* (PPC).

Este cronograma de trabalhos ajuda a determinar onde as equipas vão atuar facilitando assim o rastreamento destas, com a finalidade de monitorar o desempenho de trabalhos que estão a ser executados. Ao passo que cada equipa descreve com detalhe a localização e duração das atividades, é possível reorganizar outras tarefas interdependentes e, assim, otimizar a utilização de recursos.

Nesta fase, consegue-se perceber uma das características que faz o LPS se diferenciar dos demais sistemas de planeamento. Tradicionalmente, os empreiteiros fazem a gestão das questões relacionadas com o planeamento de obras, comprometendo-se a fazer as atividades (*WILL*) para qualquer trabalho que o cronograma mostre que deve ser feito *(SHOULD*), sem fazer uma análise detalhada e precisa das tarefas que realmente podem (*CAN*) ser feitas, ver figura 2.5.

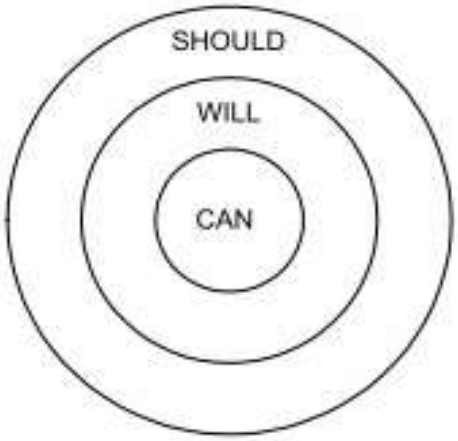


Figura 2.5 - Metodologia tradicional de planeamento (LCI) (TOMMELEIN e BALLARD, 2007)

Quando se trabalha com o planeamento com uma ordem invertida, ou seja, quando existe uma análise completa das atividades que podem (CAN) ser realizadas e, mais importante, quando esta análise é realizada com a colaboração das diferentes especialidades, o planeamento tende a ser mais eficaz. Isso proporciona uma maior confiabilidade em que as tarefas distribuídas para as equipas de produção sejam realmente concluídas e, assim, exista uma maior previsibilidade dos fluxos de trabalhos, ver figura 2.6.



Figura 2.6 - Metodologia utilizada pelo *LCI*.(TOMMELEIN E BALLARD, 2007)

2.2.7. FERRAMENTAS INOVADORAS DO LPS

Nesta etapa serão abordadas as diversas ferramentas[13] que compreendem as diferentes fases do Last Planner System, que são utilizadas visando a implementação dos princípios da filosofia da *Lean Construction*.

2.2.7.1. PLANEAMENTO PUXADO/ PULL PLANNING

As práticas do LPS utilizam a metodologia contrária a tradicional maneira de realizar o planeamento recorrendo ao push planning ("planeamento empurrado").

Neste procedimento, os trabalhos são planeados em função das datas estabelecidas muito antes de se iniciar os trabalhos e as tarefas são "empurradas" para a produção, ao invés de serem planeadas e preparadas para isso. Esse processo gera vários problemas que o *pull planning* busca eliminar.

Exemplos dos referidos problemas incluem:

- Aumento do "lead time" das tarefas do projeto;
- Aumento dos *stocks* de material em estaleiro de obra;
- Fluxo de trabalho descontínuo e imprevisível;
- Falta de comunicação entre as especialidades gerando conflitos na execução de trabalhos.

Conforme explicado pelo *Lean Construction Insitute*, estas são algumas definições desse planeamento:

- É uma ferramenta que melhora o processo de programação com a gestão de riscos realizada através de um planeamento colaborativo e com o pensamento focado na melhora contínua;
- É um método de planeamento em que o fluxo de trabalho e informações são estabelecidos em função de demandas da produção;
- É um modo de garantir o envolvimento activo de todas as partes interessadas do projeto.

[13] Something tangible, such as a template or software program, used in performing an activity to produce a product or result (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2008).

Este processo de planear e controlar os trabalhos é realizado durante toda a aplicação do LPS, e em cada fase do processo são estabelecidos objetivos diferentes.

1. Planaeamento de longo prazo – Master Schedule:

1.1 Identificação dos principais marcos necessários para garantir o sucesso do projeto;

1.2 Divisão do projeto em fases geríveis (WBS).

2. Planeamento por fases – *Phase Scheduling*:

2.1 O objetivo principal é identificar as "interseções" entre as diferentes especialidades envolvidas nesta fase, ao que a LCI chama de *handoffs*.

2.2 Também visa promover um ambiente colaborativo de modo a que todas as especialidades se envolvam e entendam, com maior clareza, os trabalhos a realizar por cada especialidade e como cada trabalho específico será sequencialmente planeado;

2.3 Busca, assim, produzir um fluxo de trabalho confiável, com o comprometimento[14] das partes envolvidas.

3. Planeamento de médio prazo – *Lookahead*:

3.1 Detalhar as tarefas do plano por fases com duração definidas em dias e detalhadas ao nível de cada dia de trabalho;

3.2 Realizar o controlo do ritmo de trabalhos dentro de uma janela de 4 a 6 semanas;

3.3 Validar o plano por fases em função dos resultados obtidos nessa fase (*lookahead*).

4. Planeamento de curto prazo – *Weekly work plan*:

4.1 Detalhar as tarefas do *lookahead* que podem ser feitas na semana seguinte (próxima semana de trabalho);

4.2 Realizar, todos os dias, uma reunião de 15 minutos para revisão e monitoramento das tarefas que devem ser cumpridas no dia e na semana.

5.* Taxa de Cumprimento Semanal (TCS) – *Percent Plan Complete (PPC):

5.1 Utilizar tabelas Excel para controlar o progresso dos subempreiteiros;

5.2 Discutir as tarefas incompletas durante as reuniões semanais;

5.3 Identificar as causas que geraram a não conclusão das tarefas e estabelecer as ações necessárias para correção das falhas.

A importância desta técnica nas primeiras fases do LPS, em que se programam os trabalhos no planeamento por fases, tem como objetivo identificar as "entregas" das diferentes especialidades através da realização do planeamento de forma inversa (de trás para frente), possibilitando a criação de um fluxo de trabalhos contínuo e confiável.

Ou seja, a partir de um objetivo fixado à direita de um cronograma, e.g. "conclusão superestrutura", buscam-se as atividades imediatamente antecessora a esta conclusão e com o conhecimento dos pré-requisitos destas, define-se e estrutura-se o caminho dos fluxos de trabalho.

Nesta fase, as partes envolvidas devem discutir os pontos estratégicos de modo a evidenciar todas as tarefas, precedentes a si, que devem ser finalizadas e, assim, poderam executar os seus trabalhos dentro do prazo afirmado e sem interrupções.

Utilizando está técnica para planear os trabalhos, de trás para frente, garante-se que, além de encontrar todas as entregas críticas das diferentes equipas, se trabalhe apenas com tarefas que irão agregar valor ao projeto. Desse modo, é possível libertar frentes de trabalho para que outras equipas (subempreiteiros)

[14] Ação de se comprometer com alguém ou alguma coisa. Tornar responsável.

possam realizar suas atividades, criando um fluxo de trabalho contínuo, com alto nível de previsibilidade. Assim, é possível reduzir ao mínimo as interações que geram paragens e desperdício de tarefas específicas "encadeadas" com outras de que dependem fisicamente.

2.2.7.2. PRIMEIROS ESTUDOS/FIRST RUN STUDIES

Dentro do cronograma de médio prazo (*lookahead planning*) é realizada uma técnica que busca estudar as atividades planeadas em forma de operações, de maneira mais realista e aproximada possível do que vai ser executado em cada momento.

Dessa forma os trabalhadores se reúnem para buscar detalhes da operação, quantidades reais para execução, especificações do projeto que impactam nas operações, e visitas ao local de execução para encontrar possíveis obstáculos.

Estes estudos incluem, por exemplo, a definição das equipas, gráficos de fluxos de tarefas, como também cronogramas da ocupação física dos espaços que mostrem como os recursos irão se mover nos locais e como o trabalho avança em cada dia de trabalho (TOMMELEIN e BALLARD, 2007).

2.2.7.3. BALANCEAMENTO/*BALLANCING*

A confiabilidade em planear uma semana de trabalhos é alcançada com a diminuição de cargas das unidades de produção[15] (TOMMELEIN e BALLARD, 2007). O *Last Planner System* acredita que o aumento de produtividade pode ser alcançado com a diminuição inical da carga de trabalho que se pretende concluir semanalmente pelas diversas subempreitadas envolvidas na produção.

Assim, prevê-se a necessidade de que ocorra um redimensionamento das tarefas que estão previstas no cronograma de médio prazo (*Lookahead*). Esta técnica, conhecida como *balancing,* é realizada buscando medir as quantidades reais de trabalho (*loads*[16]) que estão previstas para serem executadas e, desta forma, dimensionar as equipas produtivas para que estas tenham a capacidade (*production units capacity*)[17] necessária para concluir os trabalhos no prazo estimado. A prática recomendada pelo *Lean Construction Institute* é não dimensionar as equipas a 100% de suas capacidades para que estas possam participar de forma colaborativa no planeamento.

2.2.7.4. ANÁLISE DE CONSTRANGIMENTOS/ CONSTRAINTS ANALYSIS

Outro processo para refinar a confiabilidade do planeamento é a análise de constrangimentos das atividades. Um constrangimento é qualquer coisa que impeça que uma tarefa seja executável e viável (TOMMELEIN e BALLARD, 2007). Estas "restrições" podem se tratar tanto de diretivas, trabalhos, pré-requisitos ou diferentes recursos.

Esta análise deve ser feita em todas as fases de planeamento objetivando um trabalho cada vez mais preciso. À medida que se vão eliminando os constrangimentos de determinada atividade, a mesma vai-

[15]Mesma definição de equipas produtivas. Grupo de homens que utilizam recursos para produzir um produto ou prestar um serviço.
[16] The amount of output expected from a production unit or individual worker whitin a given time (TOMMELEIN e BALLARD, 2007).
[17] The amount of work a production unit, wheter individual or group, can accomplish in a given amount of time (TOMMELEIN e BALLARD, 2007).

se tornando pronta para ser executada. Este processo que torna as tarefas prontas para a produção é desenvolvido em grande parte dos processos que integram o sistema *Last Planner* com aplicação com recursos a diversas técnicas que são apresentadas ao longo desta dissertação.

2.2.7.5. BLINDAGEM DA PRODUÇÃO/ SHIELDING PRODUCTION

O sistema *Last Planner* utiliza um mecanismo de "proteção da produção contra a variabilidade", nomenado em inglês de *shielding production*. Este processo consiste em confirmar que todos os constrangimentos das tarefas incluídas na primeira semana do planeamento de médio prazo (*lookahead*) foram eliminados e que estas atividades estão prontas para serem executadas na semana seguinte de trabalho. De forma prática, é a confirmação da disponibilidade de materiais e recursos necessários para execução da tarefa, bem como a confirmação da conclusão, ou uma previsão muito precisa de que as atividades pré requisitadas estão ou vão ser concluídas antes do seu início.

2.2.7.6. CRITÉRIOS DE QUALIDADE/ QUALITY CRITERIA

Fazer atribuições de qualidade protege as unidades de produção (equipas produtivas) da incerteza do fluxo de trabalhos, além de permitir que estas unidades melhorem sua própria produtividade. Essas atribuições também possibilitam a melhora da produtividade das unidades de produção à jusante (BALLARD e HOWELL, 1998). Apenas atividades que cumprem estes critérios podem ser encaminhadas para o plano de trabalhos semanal.

Os cinco critérios de qualidade debatidos pelo LCI são atendidos com as respostas das seguintes perguntas:

- **Definição**: a tarefa é específica o suficiente a ponto de saber com precisão a quantidade de recursos necessária? A tarefa é clara o suficiente para que se possa saber se, no final da semana, a tarefa foi concluída?
- **Solidez**: Todas as atividades são viáveis? Você entende o que é necessário? Você tem o que precisa dos outros, todos os materiais estão "à mão" (disponíveis); o projeto está actualizado e completo; o trabalho pré-requisitado está completo?
- **Sequência:** as tarefas selecionadas seguem uma ordem de prioridade e de funcionalidade? Estas irão libertar os trabalhos necessários para a execução das seguintes atividades? Existem outros trabalhos que não estão como prioridades, mas estão prontos para serem executados caso ocorra alguma falha ou uma melhora da produtividade no qual sobre tempo para realizá-los?
- **Tamanho:** as tarefas estão corretamente dimensionadas de maneira que a equipa produtiva consiga executá-la dentro do prazo?
- **Aprendizagem:** as razões para os desvios no cronograma semanal foram identificados e suas medidas implementadas?

2.2.7.7. TORNAR ATIVIDADES PRONTAS PARA A PRODUÇÃO/ MAKE-READY

Este processo é responsável por fazer com que a tarefa fique pronta para ser executada e, deste modo, "puxada" para o plano de trabalhos semanal. Conforme o "*workbook*" do LCI tornar uma atividade pronta é um processo composto por 3 componentes:

- **Confirmação do tempo de espera *(lead time)*:** começa por descobrir quem é o fornecedor de recursos e qual é o seu provável tempo de espera para cada atividade. Como já visto antes, este tempo deve ser menor que a janela do cronograma *lookahead* para que a tarefa possa avançar em termos de planeamento e ser movida do planeamento por fases para o planeamento *lookahead*. Como sempre existem imprevistos, é uma boa prática manter contato com o fornecedor.
- **Processo "Puxar":** solicitação de entrega dos recursos conforme for necessário para a execução das tarefas planeadas. É considerada uma solicitação mais específica, como por exemplo, a entrega de uma quantidade de material anterior ao que se foi solicitado em função de que alguns trabalhos foram concluídos mais cedo.
- **Expedição:** etapa utilizada quando se necessita acelerar o processo de entrega uma vez que o tempo de espera é muito grande e também quando estão sendo negociados recursos considerados especiais. Como exemplo, se enquadra a solicitação de trabalho por horas extras ou a obtenção da permissão para construção de uma parte do edifício quando o projeto ainda não está completo.

2.2.7.8. Percentual do Plano Concluído (PPC)

Todas as práticas que estão a ser implementadas necessitam de resultados para a sua validação. No caso do *Last Planner System*, esse processo é realizado por uma análise simples em que se calcula a taxa de cumprimento semanal (TCS). Isto porque, controlar o desempenho constitui o primeiro passo para aprender sobre o eventual fracasso ou sucesso e, em seguida, implementar melhorias (TOMMELEIN e BALLARD, 2007).

Essa medição é de extrema simplicidade no LPS: basicamente, utiliza-se o número de atividades concluídas dividido pelo número de atividades planeadas para a semana. É em função do PPC que o *Last Planner System* quantifica a eficácia de sua metodologia aplicada, verificando se o fluxo de trabalhos está em uma categoria confiável e se a obra está ou não a se beneficiar dos contributos de um planeamento correto e eficaz.

2.2.7.9. Análise de causas/ Reasons Analysis

A análise de causas é a fase em que se começa a entender as dificuldades que a produção está a enfrentar frente ao avanço de trabalhos. Toda a atividade que foi planeada para uma semana e não foi concluída deve ser analisada até que se encontre o motivo a que levou a tarefa não ser concluída.

Ao encontrar a causa para a falha, essa deve ser registada e discutida nas reuniões semanais, de forma a compor o ciclo de aprendizagem, em inglês, *learning*.

O "*Last Planner Workbook 5*" mostra três típicas causas para falhas, conforme ilustrado nas figuras 2.7, 2.8 e 2.9.

- Exemplo A: "Eu não tentei fazer uma promessa confiável";
- Exemplo B: "Alguém quebrou uma promessa de conclusão de trabalho que era necessário para eu iniciar";
- Exemplo C: "Eu tentei fazer uma proposta de entrega confiável, mas…".

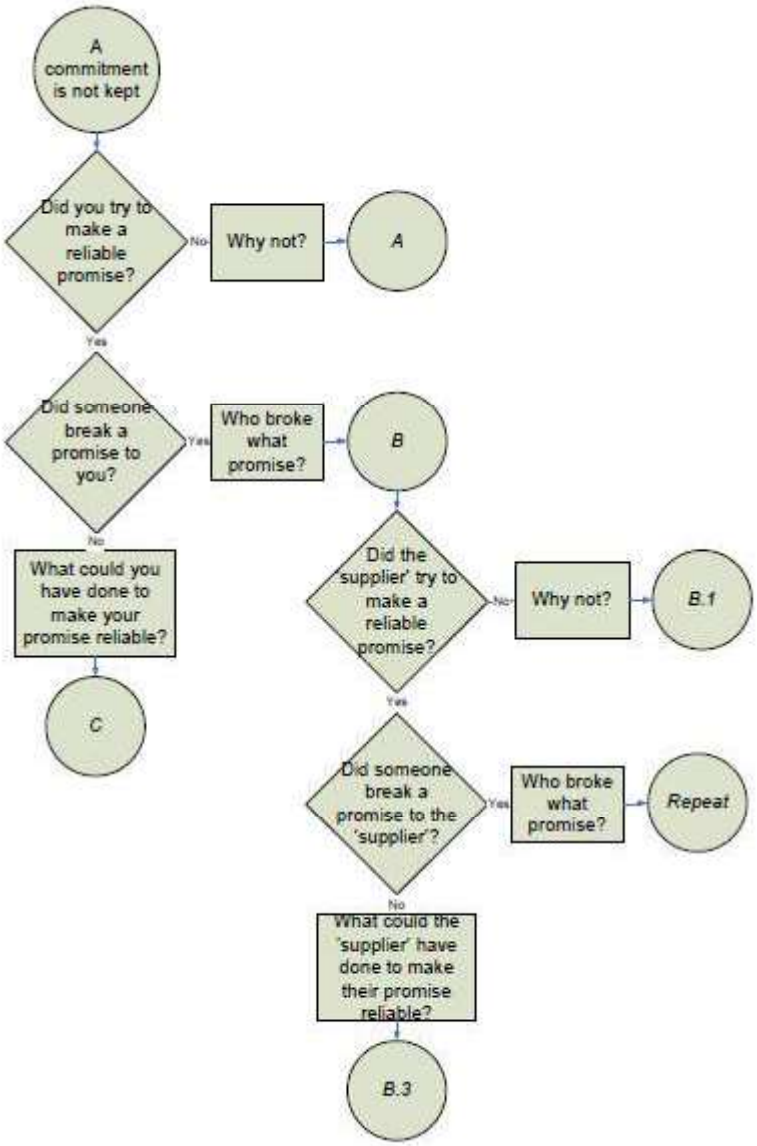


Figura 2.7 – 1° Análise das razões para falhas (TOMMELEIN e BALLARD, 2007)

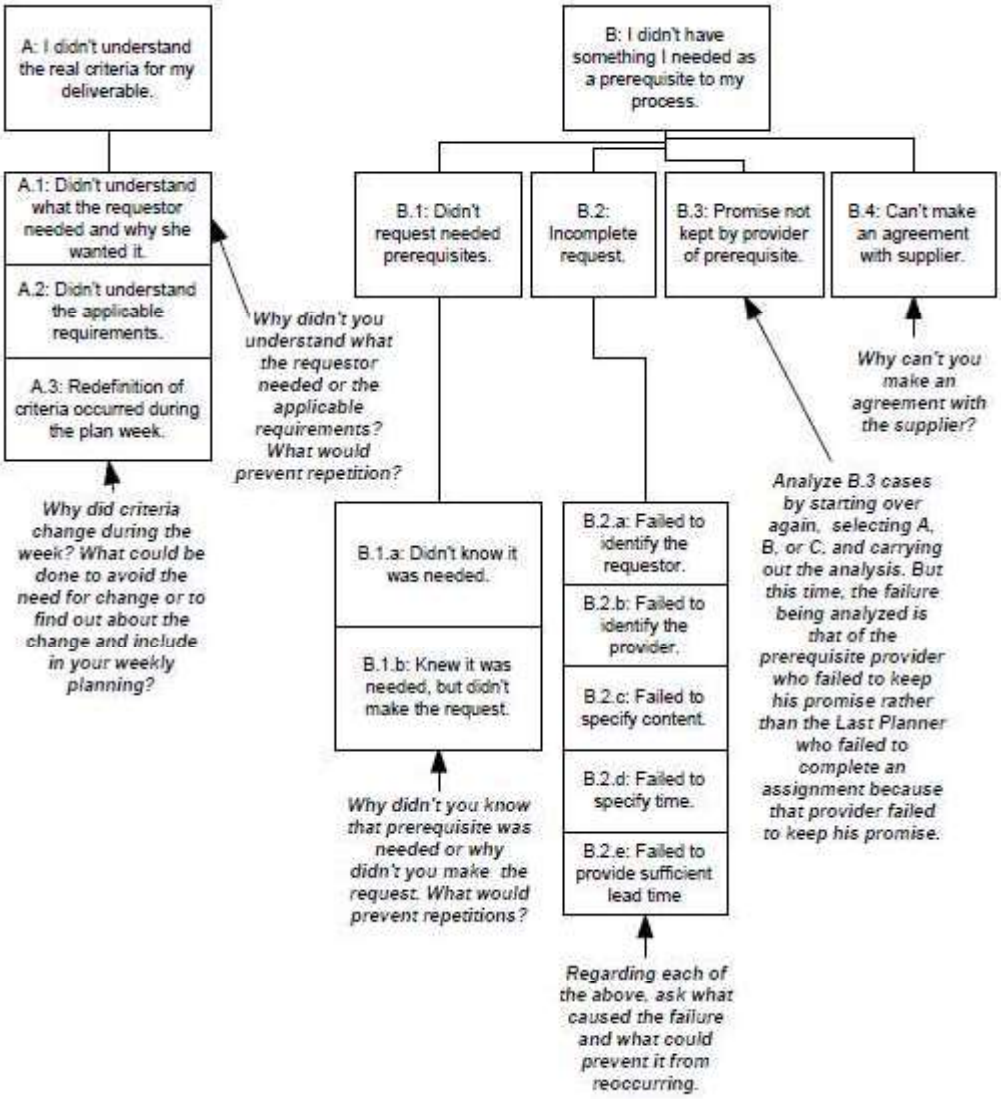


Figura 2.8 – 2° Análise das razões para falhas (Tommelein e Ballard, 2007)

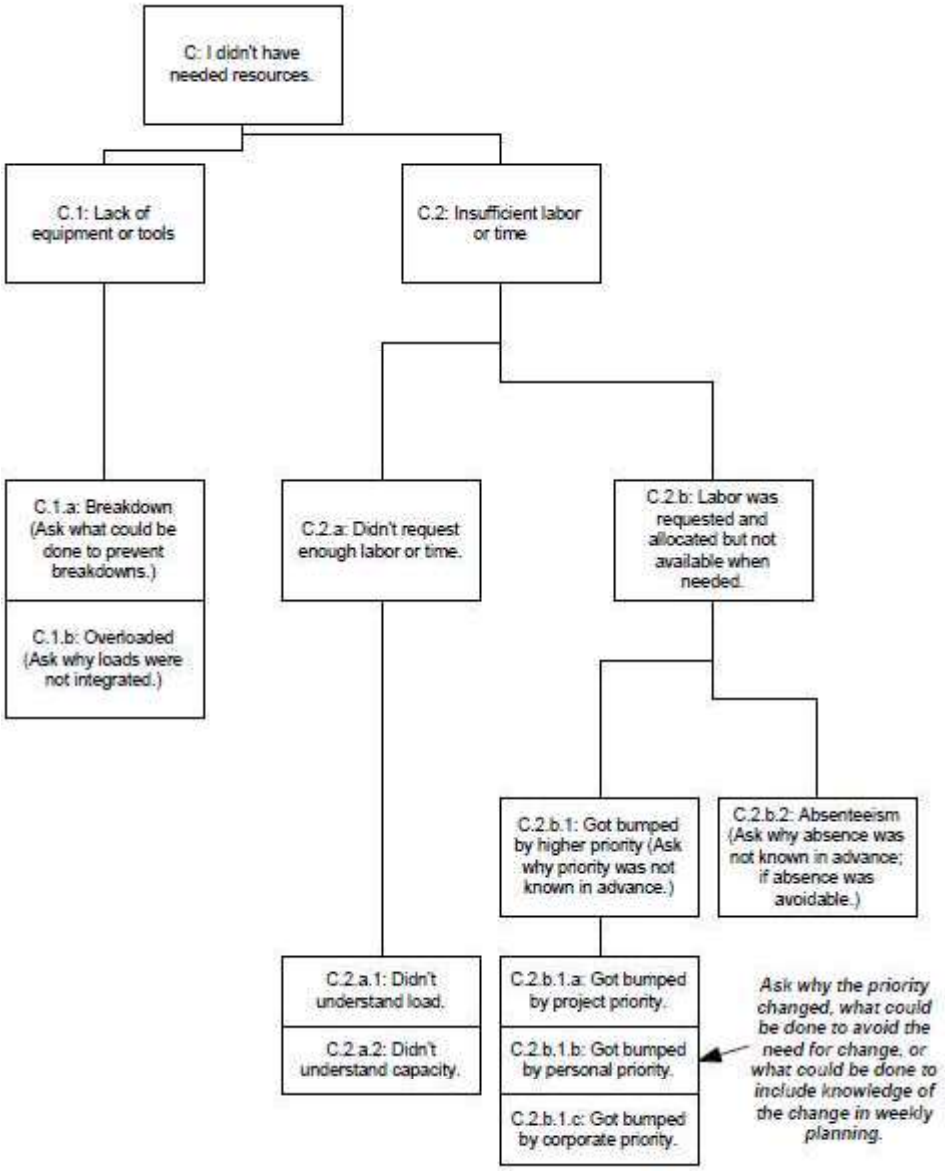


Figura 2.9 – 3° Análise das razões para falhas (TOMMELEIN e BALLARD, 2007)

2.2.7.10. Os 5 porquê's

O processo para determinação dos "porquês" das falhas deve ser realizado mediante a uma análise rigorosa. Muitas vezes as razões que levam as falhas parecem ser evidentes, quando não são. Outras vezes busca-se culpar outras partes envolvidas nas falhas, quando se deveria dar prioridade em identificar as etapas do sistema que não foram corretamente aplicadas.

Visando essa análise rigorosa, o *Lean Construction Institue* desenvolveu uma técnica a ser utilizada para identificação dessas falhas: "os 5 porquê's". Essa técnica consiste em resolver problemas com uma sequência de cinco perguntas até que se encontre a razão mais provável para explicar o problema encontrado.

Para exemplificar a utilização desta técnica, apresenta-se um exemplo retirado de um artigo publicado pelo *Lean Construction Institute*:

1. Por que razão a parede foi aberta?
   R1: Porque o eletricista teve que passar um cabo dentro da parede.
2. Por que razão o eletricista teve que passar um cabo dentro da parede?
   R2: O eletricista está modificando a passagem dos cabos conforme o novo projeto apresentado.
3. Por que razão o eletricista não seguiu o projeto actualizado desde o princípio?
   R3: O encarregado não disse que esta área não deveria ser feita antes que o projeto actualizado estivesse pronto.
4. Por que razão o encarregado não sabia desta mudança?
   R4: Porque esta tarefa, neste local, estava planeada para esta semana.
5. Por que razão esta tarefa estava planeada para esta semana?
   R5: Porque a análise dos constrangimentos não foi feita.

Neste processo é importante ter como objetivo a busca dos motivos que levaram à ocorrência de falhas dentro do processo do *Last Planner System*. A intenção de encontrar culpados para as falhas deve ser deixada de lado e substituída pela intenção de encontrar do motivo pelo qual certo indivíduo não conseguiu cumprir os seus objetivos.

É evidente que as pessoas possuem uma influência nos problemas que ocorrem, mas o problema maior está no sistema em que as pessoas estão condicionadas, ou melhor, na metodologia de trabalho em que as pessoas estão inseridas, que, muitas vezes, não é estruturado para que exista uma transparência e participação colaborativa de todos os envolvidos com o propósito de alcançar os objetivos. Por isso, a busca pelos motivos que levaram a ocorrência de falhas deve ser voltada para encontrar qual a fase de aplicação do sistema que falhou e porque falhou, de modo a permitir que o mesmo erro não ocorra novamente.

2.3. LEAN NA CASAIS

Com o objetivo de agregar inovação à construção, a Casais Engenharia buscou os serviços de consultoria da Kaizen Institute Portugal, para que essa empresa aplicasse ferramentas inovadoras da "Lean Construction". A partir dessa consultoria, foram criadas normas de utilização de "quadros Kaizen".

Esses "quadros" possuem boas propostas para aplicação de algumas ferramentas Lean e, quando utilizados, contribuem para a criação de um ambiente de obra mais organizado e com profissionais mais envolvidos nos compromissos do dia-a-dia e da semana.

2.3.1. LAST PLANNER

O primeiro quadro (figura 2.10) realizado pela *Kaizen Institute Portugal*, rotulado como "*Last Planne*r", tem como função a análise de constrangimentos das tarefas que estão planeadas para serem executadas nas próximas 4 a 5 semanas do calendário, ver figura 2.10 abaixo.

CASAIS **LAST PLANNER SYSTEM**

Designação da Obra:	INFANTE SANTO
Código da Obra:	IS76
Diretor de Obra:	Paulo Martins

PLANEAMENTO DE TAREFAS				ANÁLISE DE CONSTRANGIMENTOS										Pode realizar-se?	AÇÃO(ES) A REALIZAR:
				COND. EXTERNAS		INFORMAÇÕES				RECURSOS					
ID	Nome da Tarefa	Duração (d)	Data Início	Data Fim	Atividade Precedente	Condições Climatéricas	Cond. Contrato	Desenhos	Aprov. Materiais	Aprov. Sol. Construtivas	Materiais	Mão de Obra	Equipamento	Cond. Segurança	Sim / Não
	Tectos piso 7 (circulações)	5	15/10/2018	19/10/2018	ko	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	Não
	Tectos piso 6 (apartamento 6a)	5	15/10/2018	19/10/2018	ko	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	Não
	Barramentos piso 7	5	22/10/2018	26/10/2018	ko	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	Não
	Barramentos piso 1 (apartamentos duplex)	4	18/10/2018	23/10/2018	ko	ok	ok	ok	ok	ok	ko	ok	ok	ok	Não
	Quadros elétricos - piso 6 (apartamento 6a)	3	24/10/2018	26/10/2018	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	Sim

Figura 2.10 - Quadro Last Planner – Análise de constrangimentos – Kaizen

Nesse quadro, as tarefas são selecionadas diretamente a partir do plano de trabalho do MS Project, adequadas a um filtro que se refere a um período de 4 a 5 semanas. Com referência a essas atividades, os constrangimentos são analisados dentro de 3 categorias:

1. Condições Externas:
1.1. Atividades Precedentes;
1.2. Condições climáticas;
2. Informações:
   2.1. Condições de contrato;
   2.2 Desenhos;
   2.3 Aprovação de materiais;
   2.4 Aprovação solução construtiva;
3. Recursos:
   3.1 Materiais;
   3.2 Mão-de-obra;
   3.3 Equipamentos;
   3.4 Condição de segurança.

Conforme estas condições são verificadas pelo responsável pela aplicação, deve-se marcar com a sigla "ok" as condições em que a tarefa não possui constrangimentos e com a sigla 'ko" as condições em que ainda existem problemas pendentes por resolver.

No caso de qualquer uma das 10 condições acima listadas não se encontrarem satisfeitas, a coluna indicada com os dizeres "pode realizar-se?" é automaticamente preenchida com a palavra "não", em vermelho. Igualmente, se as condições cumprirem todos os requisitos, o sistema preenche a célula da tabela com a palavra "sim", em verde.

Deste modo, e para todas as tarefas que ainda não se encontrarem em condições de serem realizadas, devem ser anotadas as "ações a realizar" definindo medidas que eliminem os constrangimentos antes do início de cada atividade.

2.3.2. MAPA DE PRESENÇAS

Existe também um outro quadro (figura 2.11) criado para a anotações das presenças das equipas produtivas em reuniões em obra.

MAPA DE PRESENÇAS REUNIÃO DIÁRIA																				
NOME	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	S	D	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	S	D	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	S	D
Luis	X	X	X	X	X	\	\														
Pedro	X	X	X	X	X	\	\														
António	X	X	X	X	X	\	\														
Jorge	X	X	X	X	X	\	\														

Figura 2.11 - Mapa de presenças em reunião diária

Nesse quadro, a direção de obra é orientada para preencher o nome do responsável por cada equipa, podendo ser um chefe de equipa ou o encarregado por parte do subempreiteiro. A escolha desse responsável deve ser feita buscando por alguém que tenha autonomia dentro de sua equipa e que esteja totalmente afeto à obra. Com "x" na cor verde são assinalados os dias em que ocorreram as reuniões e em que os diversos responsáveis estiveram presentes. Em vermelho, são marcados os dias que não ocorreram reuniões, mas que os responsáveis estiveram presentes. Por fim, com uma "barra (/) " são marcados os dias em que não aconteceram reuniões na obra, porque as equipas estavam ausentes do local.

2.3.3. PLANO DE AÇÃO

Para o controlo da situação em que as ações se encontram, foi criado um outro quadro (figura 2.12) em que o objetivo é actualizar o estado da atividade e prever datas de possível conclusão.

PLANO DE ACÇÃO						
DESCRIÇÃO DAS ACÇÕES	RESP.	DATA	ESTADO DA ACÇÃO			
			PLANEADO	EM EXECUÇÃO	PENDENTE	CONCLUÍDA
TAREFA A	António	19-Mar	X			
TAREFA B	Luis	20-Mar		X		
TAREFA C	João	21-Mar			X	
TAREFA D	Fernando	22-Mar				X

Figura 2.12 - Plano de ação

As ações são classificadas em 4 estados:

- Planeado: a tarefa atribuída, mas ainda não iniciada;
- Em execução: a tarefa em execução;
- Pendente: a tarefa pendente de outra atividade ou que aguarda a validação de outro elemento (necessita que os constrangimentos sejam eliminados);
- Concluída: a tarefa concluída e validada.

2.3.4. QUADRO DE GESTÃO DE PROJETO

O quadro de gestão de projeto (figura 2.13) representa o quadro onde se agrupam os três componentes acima citados: last planner, plano de ação e mapa de presenças, assim como um pequeno quadro onde se define a agenda de cada reunião semanal.



Figura 2.13 - Quadro de gestão de projeto – Kaizen

As instruções para utilização deste último quadro são:

- Imprimir a tabela Excel com a análise dos constrangimentos actualizada e fixar no local destinado para o last planner;
- Preencher o quadro agenda de reunião semanal conforme a necessidade e prioridade dos assuntos;
- Preencher os outros dois quadros, conforme apresentado nos tópicos 2.3.2 e 2.3.3.

O objetivo desse quadro é fornecer apoio às reuniões semanais e possibilitar a responsabilização dos profissionais para a eliminação dos constrangimentos que ainda estão pendentes. O quadro também permite a visualização das ações necessárias para que os trabalhos sejam bem planeados, objetivando a não interrupção das atividades por motivos de falha no processo de eliminação de constrangimentos.

2.3.5. QUADRO DE TAREFAS SEMANAL

O segundo quadro fisicamente fixado no escritório da direção de obras é o quadro de tarefas semanal (figura 2.14), que possibilita um controlo visual mais rigoroso de trabalhos em execução. Neste quadro,

são selecionadas as atividades que estão planeadas para serem executadas, conforme a actualização do quadro de gestão de projeto definirem (figura 2.14).

DESCRIÇÃO DAS TAREFAS	RESPONSÁVEL	Semana 45							Semana 46							REALIZOU-SE (S/N)	CAUSAS PRINCIPAIS
TAREFA A	Luís		X	X	X	X	X	X	X							N	Causa A
TAREFA B	Manual	X	x	X	x	x	x									S	
TAREFA C	António	X	X	X	x	x	x	x	x	x							
TAREFA D	Pedro	x	X	X	X	x	X									S	Causa D
TAREFA E	João		x													S	
TAREFA F	Luís			x	X	X										S	Causa C
TAREFA G	Manuel						X	X	X							N	Causa B

Figura 2.14 - Quadro de tarefas semanal – Kaizen

Conforme orientado pela Kaizen Institute Portugal, o responsável pelo preenchimento deste quadro deve:

- Contornar com marcador grosso os dias previstos para execução da tarefa;
- Assinalar com um "x" verde as tarefas que estão em execução dentro do prazo e com um "x" vermelho as atividades em execução com desvios;
- Marcar um "S" na coluna "realizou-se" para todas as tarefas planeadas para a semana que foram concluídas em um "N" para que as que não ficaram concluídas;
- Tomar notas das causas que levaram à não conclusão das atividades planeadas.

A partir deste quadro, a Kaizen calcula a taxa de cumprimento semanal (TCS). Esse valor é uma forma de medir o desempenho das equipas produtivas e deve ser utilizado como base para a programação das futuras semanas de trabalho. O valor da taxa é obtido dividindo o número de tarefas que foram concluídas, pelo número de tarefas planeadas para semana.

Por fim, a Kaizen orienta algumas boas práticas para uma correta utilização das ferramentas acima explicadas, sendo elas:

- Os quadros das diversas semanas devem ser registados com fotografia antes de serem apagados;
- Deve ser nomeado um moderador para as reuniões em obra; Em princípio esse moderador deve ser o diretor de obra do empreiteiro geral, porém, caso este não esteja presente deve-se nomear outro responsável e realizar a reunião conforme previsto.

3
DESCRIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA OBRA

3.1. INTRODUÇÃO

A obra onde se realizaram os trabalhos da dissertação localiza-se na cidade de Lisboa mais especificadamente na Av. Infante Santo. Denominada como "Avenida Residence" a empreitada é realizada em edifício composto de um bloco principal de sete andares acima do solo e de um edifício secundário, que contém um bloco já existente de um piso elevado, um piso térreo e outros pisos enterrados com várias caves. Neste último, conforme observa-se do projeto, é prevista a escavação até o piso -4, para que o espaço seja utilizado como estacionamento pelos utentes.

A obra é de promoção particular por uma Dono de Obra português, Regressorbital, que viu na empreitada uma boa oportunidade de negócio na região. A empresa de fiscalização escolhida para a gestão do projeto foi a Rockbulding, e a equipa projetista é representada pela empresa GJP Arquitetos Associados, LDA. O empreiteiro geral, que abriu as portas para o desenvolvimento desta dissertação é a Casais Engenharia e Construção, S.A (Casais). Neste capítulo também são apresentados os subempreiteiros contratados pela Casais através de referência aos trabalhos associados a cada um deles.

A empreitada inclui trabalhos de reabilitação e alterações ao edifício e foi orçada em aproximadamente 5.000.000,00 euros + IVA. O prazo inicial estabelecido foi de 11 meses, com início de trabalhos programados para dezembro de 2017 e conclusão em outubro de 2018. Em função de alteração no projeto inicial, devido a não aprovação da licença de uso de local público pela Câmara e consequente redução da área de construção do edifício "B", o prazo final de entrega foi alterado para o mês de janeiro de 2019.

3.2. DESCRIÇÃO DA PRÉ-EXISTÊNCIA

A intervenção foi realizada no edifício da Avenida Infante Santo n° 76 em Lisboa. O espaço é composto por um edifício principal com oito pisos elevados e outro edifício secundário com apenas um piso elevado e outro em cave. Esses dois blocos existentes estão fisicamente separados por uma junta de dilatação.

O edifício existente tinha como finalidade o comércio e serviços, com o uso de escritórios em todos os pisos. Esse fato é curioso para projetos de reabilitação em que se altera a finalidade do edifício, trazendo um grande desafio para os projetistas, que precisam criar espaços de habitação interligados e com restrições a uma estrutura projetada para espaços de comércio, normalmente com vãos menores e com densidade maior de pilares.



Figura 3.1 - Localização (Fonte: Memória Descritiva e Justificativa)



Figura 3.2 - Vista da rua (Fonte: Memória Descritiva e Justificativa)

3.3. DESCRIÇÃO FUNCIONAL

O edifício principal, denominado edifício A, é composto por um piso térreo e sete pisos elevados, não sendo esta composição alterada no presente projeto. Os andares elevados têm como finalidade a habitação enquanto o piso térreo é destinado para serviços e acessos. A estrutura do edifício A é planeada para ser inalterada, com apenas algumas modificações pontuais como, por exemplo, no piso sete, para permitir o acesso dos elevadores.

Já o edifício secundário, identificado como edifício B, é composto por um piso enterrado e um piso térreo. A proposta do projeto é construir mais dois andares em cave e assim passar a estrutura apossuir três andares em cave e um andar térreo. Assim, o edifício possuiria 3 andares enterrados, destinados a parqueamento e arrumos, e o piso térreo destinado a comércio, arrumos e serviços. A área da cobertura do edifício B, por se encontrar no mesmo nível do piso 01 do edifício A, servirá de terraço acessível.

A estrutura do edifício B, com exceção das paredes de contenção e dos pilares comuns aos dois edifícios, é destinada a demolição. Os pilares não mantidos serão construídos com a mesma secção transversal original, mas com resistência compatível os novos esforços solicitantes.



Figura 3.3 - Planta baixa (Fonte: Memória Descritiva e Justificativa)

3.4. SOLUÇÃO PROPOSTA

Os trabalhos segmentam-se em duas frentes de trabalhos distintas, uma no edifício A e outra no edifício B.

Nos trabalhos a serem desenvolvidos no edifício principal (edifício A) destacam-se algumas atividades específicas. No piso 02, foram realizadas duas demolições parciais de lajes de modo a receber escadas provenientes do piso subjacente. As lajes existentes possuirão funcionamento estrutural unidirecional no vão menor (3,5 metros) e terão 10 centímetros de espessura.

De modo a apoiar a escada A.1 serão utilizadas vigas metálicas sob as lajes, que apoiam vigas de betão armado existentes. Já para suporte da escada A.2 e da laje existente nesta área, optou-se por colocar vigas metálicas sob a laje, que se apoiarão em novas vigas metálicas, que por sua vez, apoiam-se nas vigas de betão armado existentes.

Em todos os pisos elevados serão efetuadas novas coretes para a infraestrutura, que corresponderam a demolições localizadas nas lajes maciças existentes. Estudos do comportamento funcional da estrutura com estas novas modificações apontam que essas irão conseguir acomodar a redistribuição de esforços resultantes, não sendo necessários reforços estruturais adicionais.

O elevador do edifício A apenas permitia o acesso até o piso 6, sendo proposto no projeto o funcionamento até o piso 7. Para isso será necessário efetuar a demolição da laje da cobertura existente (a qual serve como pavimento da casa de máquinas), e extensão da ligação do elevador para mais um piso, bem como a construção de nova laje para a cobertura da caixa de elevador.

Esta laje é projetada como uma laje maciça em betão armado com apoios em cintas periféricas betonadas contra a alvenaria. A demolição desta laje obrigará à demolição parcial de uma viga longitudinal, sendo assim necessário um reforço estrutural com vigas metálicas que apoiam nas vigas de betão armado existentes.

Tratando das características do edifício B, esse possuirá uma estrutura inteiramente em betão armado com lajes maciças fungiformes nos pisos enterrados, que se apoiam nos pilares e paredes resistentes interiores e nas paredes de contenção. A ligação entre a laje e as paredes de contenção será materializada por ligação de ferrolhos metálicos.

No faseamento construtivo deve-se observar que a banda maciça do piso 0 deve ser escorada até ser possível mobilizar a resistência da viga no mesmo alinhamento na cobertura. As fundações foram projetadas como fundações diretas por sapatas isoladas ou agrupadas.

3.5. DESCRIÇÃO DE TRABALHOS ACOMPANHADOS

Neste subcapítulo são abordados os trabalhos que foram acompanhados no desenvolvimento da dissertação, dando-se prioridade ao edifício "A".

Primeiramente, são abordados os trabalhos gerais da empreitada, seguido da descrição mais especificada de trabalhos ao nível do edifício "A', com destaque para os trabalhos ao nível dos pisos (piso 4), a título de exemplo, e detalhando também um pouco mais um apartamento tipo (T2C).

Essa escolha pela descrição do piso 4 ocorreu em função da aplicação objetiva desta dissertação ser reduzida a este nível. Isto porque, o prazo final de acompanhamento de obra coincide com a entrega dos apartamentos deste piso e também porque o prazo de 2 meses de acompanhamento em obra é relativamente curto, aconselhando assim reduzir-se o âmbito de análise a uma parte mais reduzida da obra.

Devido ao curto tempo de permanência em obra, entendeu-se que não seria possível implementar um sistema novo que abordasse a obra de forma integral.

Porém, são também descritos alguns trabalhos ligados à construção do edifício B, para que seja possível ter uma visão geral do contexto em que a dissertação foi desenvolvida.

A empreitada descrita propõe os seguintes trabalhos a serem executados:

- Demolições;
- Escavação e Movimentação de Terras;
- Contenção Periférica;
- Fundações Diretas;
- Estrutura de Betão Armado;
- Estrutura Metálica;
- Alvenarias e Divisórias;
- Coberturas;
- Isolamentos e Impermeabilizações;
- Revestimentos de pavimentos, paredes e tetos;
- Serralharias;
- Carpintarias;
- Cantarias;
- Pinturas;
- Equipamentos Sanitários e de Cozinha;
- Instalações hidráulicas, elétricas e mecânicas;
- Instalação de gás combustível canalizado;
- Elevadores.

O acompanhamento de trabalhos em obra teve início no mês de outubro de 2018, justamente no mês em que estava prevista a finalização de trabalhos, antes do pedido de prorrogação do prazo final por parte da Casais, em função da alteração do projeto. Assim, a presente dissertação aborda os trabalhos que foram realizados entre 09 de Outubro e 15 de Dezembro de 2018.

3.5.1 TRABALHOS PLANEADOS PARA O EDIFÍCIO A

Neste edifício, grande parte dos trabalhos foram acompanhados em obra, com a exceção de algumas tarefas como, por exemplo, as demolições, as impermeabilizações e as instalações hidráulicas.

A imagem a seguir mostra o acabamento do edifício divulgado pela imobiliária JLL (ver figura 3.4):



Figura 3.4 - Versão final do ed. "A" (vendas de aptos) Fonte: JLL *website*

O plano de trabalhos, acompanhado desde o início da dissertação e que foi utilizado como base para aplicação do Last Planner System, será apresentado a seguir. As tarefas são, em seguida, ilustradas, primeiro de uma forma geral e depois seguindo o plano preparado pela Casais, considerando contributos dados pelas empresas subempreiteiras. Por fim, as tarefas são ilustradas de acordo com sua divisão previstas no plano de trabalhos criado pela direção de obra. Este último plano objetiva controlar de forma mais apertada a fase final da obra, considerando os prazos curtos contratados com o promotor e também a existência de multas associadas ao seu eventual incumprimento.

Apresentam-se em seguida os principais trabalhos acompanhados:

1. Gesso cartonado: Ferreira Barbosa;
   1.1. Paredes;
   1.2. Tetos;
   1.2. Barramentos;
   2. Redes Elétricas: Undel (Empresa do Grupo Casais);
   2.1 Passagem de cabos;
   2.2 Quadros elétricos/aparelhagem;
   2.3 Armaduras de Iluminação;

3. Redes de Água: Hidro CNT (Empresa do Grupo Casais)
   3.1 Exaustão de caldeiras e esquentadores;
   3.2 Assentamento de louças;
   3.3 Assentamento de caldeiras, esquentadores e depósitos;
   3.4 Instalação de painél solar
      3.4.1 Estrutura;

3.4.2 Painél solar;
3.4.3 Rede Hidráulica;
3.5 Rede de incêndios;
3.6 Rede de esgotos;
4. Redes AVAC: Interclima;
4.1 Ligações das máquinas interiores e respetivos plenos;
4.2 Montagem e ligação das máquinas exteriores;
4.3 Montagem das grelhas de ventilação;
5. Carpintarias: Carpincasais (empresa do Grupo Casais);
5.1 Portas interiores, forras internas das portas dos apartamentos e caixotes armários;
5.2 Rodapé, portas dos armários, e frentes AVAC;
5.3 Móveis;
5.4 Forras externas das portas dos apartamentos;
6. Revestimentos em madeira: Socimorcasal (empresa do Grupo Casais);
6.1 Pavimentos;
6.2 Forras das paredes das zonas comuns;
7. Serralharias: Serrialu;
7.1 Caixilhos das empenas;
7.2 Forras interiores dos caixilhos;
8. Cerâmicos: Tratriobra;
8.1 Revestimentos das casas de banho;
9. Revestimento com microcimento: Nicecolor;
9.1 Cozinhas;
9.2 Lavabos.

Ao nível do edifício "A", os trabalhos principais a realizar na fase da obra acompanhada no âmbito da dissertação incluem:

- Revestimento de paredes exteriores: foram programados a recuperação da fachada em pedra Lioz e a limpeza dos locais com revestimento de azulejos e pastilhas;



Figura 3.5 - Recuperação de fachada em pedra lioz

- Caixilharias em Alumínio: para o fechamento de todos os vãos exteriores foram instalados caixilhos de alumínio, inclusive da claraboia na zona da escada que teve de ser aberta, pois não existia no edifício existente;

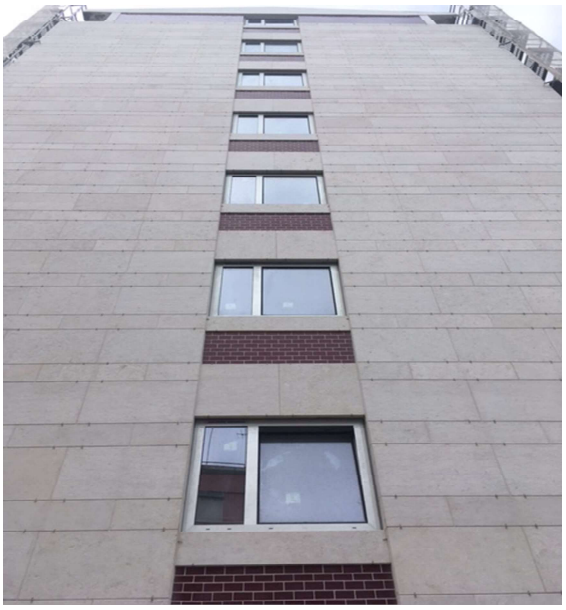


Figura 3.6 - Caixilharias de alumínio

- Instalações hidráulicas: aquecimento de água por captação de energia solar definido com um sistema ativo, ou seja, sem o termossifão ligados aos painéis solares, e com sistema classificado individual integral. Cada apartamento possui reservatório e o sistema auxiliar de aquecimento próprio, para garantir um bom funcionamento;

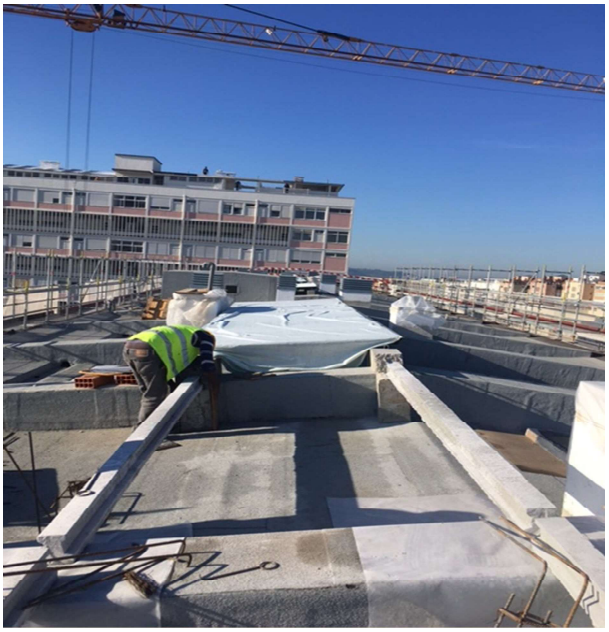


Figura 3.7 - Instalação de sistema de captação de energia solar

O sistema solar foi instalado após a impermeabilização completa da laje da cobertura e possui uma estrutura com vigas pré-fabricadas para suporte dos painéis, conforme mostra a figura 3.7 acima.

- Instalações de equipamentos de abastecimento de água e serviço de incêndio: rede exterior, rede interior:



Figura 3.8 - Instalação rede de incêndio

- Instalações e equipamentos de drenagem águas residuais domésticas e pluviais: ramais de ligação, caixas, tubagem e acessórios;



Figura 3.9 - Instalação de rede de esgotos

- Elevadores: composto por elevadores 1 e 2 do edifício A;



Figura 3.10 - Instalação de elevadores

3.5.1.1. CARACTERIZAÇÃO AO NÍVEL DOS PISOS

O edifício "A" possui sete pisos destinados a habitação. Desses sete pisos, os pavimentos do terceiro andar até ao quinto andar possuem características arquitetónicas idênticas, sem nenhuma modificação entre eles. Estes pavimentos são compostos por cinco apartamentos, dois apartamentos T1, dois apartamentos T2 e um apartamento T3.

Os outros níveis são compostos com configurações de apartamentos diferentes:

- Piso 1: um T4 duplex, um T3 duplex, um T3, um T2 e um T1;
- Piso 2: um T3, um T2, um T1 e o segundo andar dos apartamentos duplex do piso 1;
- Piso 6: um apartamento T4+1, um apartamento T3 e um apartamento T1.
- Piso 7: dois apartamentos T4+1.

Os pavimentos possuem uma área total de 557 m², incluindo as zonas comuns. As zonas comuns dos pisos são compostas por área técnica, destinada às máquinas de AVAC e aos medidores dos apartamentos, e por escada de acesso aos pisos, um pequeno *hall* de entrada, dois elevadores para uso dos utentes e uma área de circulação, separada por porta corta-fogo.

A ordem de execução dos diferentes trabalhos das especialidades organizados por pisos teve de ser modificada. A ordem lógica, com início dos acabamentos nos pisos superiores até chegar ao piso 1, que busca evitar a acumulação de lixo não foi possível de ser seguida porque os apartamentos dos pisos 7 e 6 (por serem de valores comerciais mais elevados e com clientes mais exigentes) sofreram diversas alterações de projeto e, por isso, ficaram como os últimos apartamentos a serem entregues no âmbito da empreitada

Por este motivo a sequência, ficou com início nos apartamentos do piso 5 até ao piso 1, voltando ao piso 7 e, por último, ao nível 6.

Como já explicado, a análise mais detalhada dos trabalhos no âmbito da dissertação, limita-se ao piso do nível 4.

Os apartamentos do piso 4 foram designados com letras de "A" até a letra "E", para auxiliar a visualização da ordem de trabalhos a serem executados dentro do piso e para facilitar a comunicação entre as equipas.

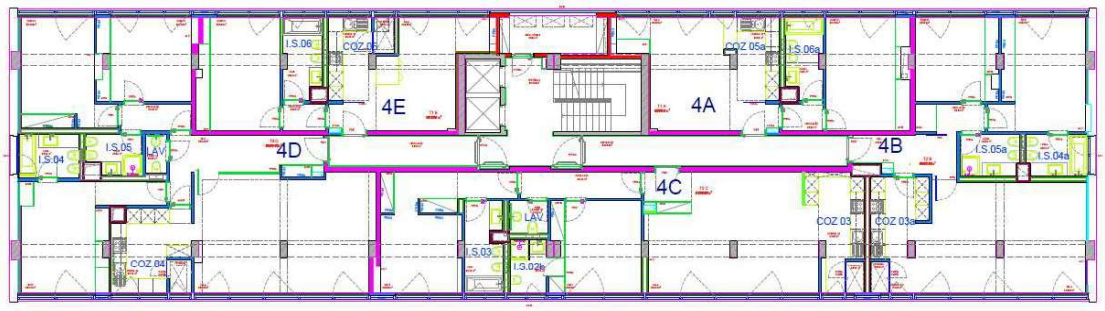


Figura 3.11 - Planta de alvenarias piso 4. (Fonte: Projeto Arquitetónico)

Os trabalhos ao nível deste piso são:

- AVAC: as unidades exteriores VRV com funcionamento tipo bomba de calor, instaladas nas áreas técnicas dos pavimentos;

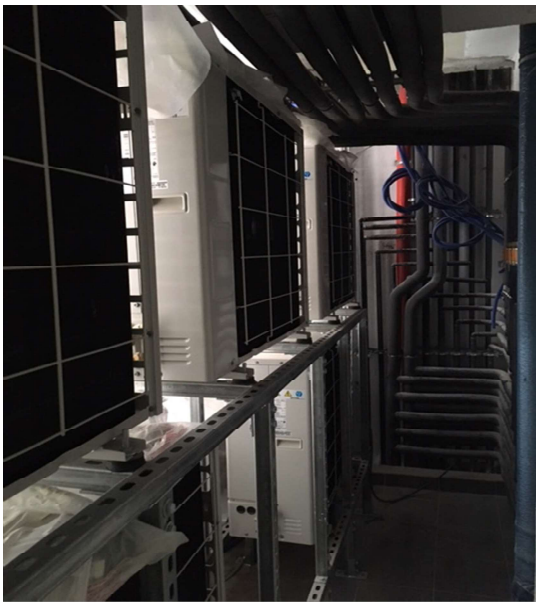


Figura 3.12 - Instalação de máquinas de climatização VRV

- Revestimento paredes: Para as paredes das zonas comuns dos pisos, foi escolhido revestir as paredes com peças flutuantes em multicamadas em madeira "Carvalho Topline".

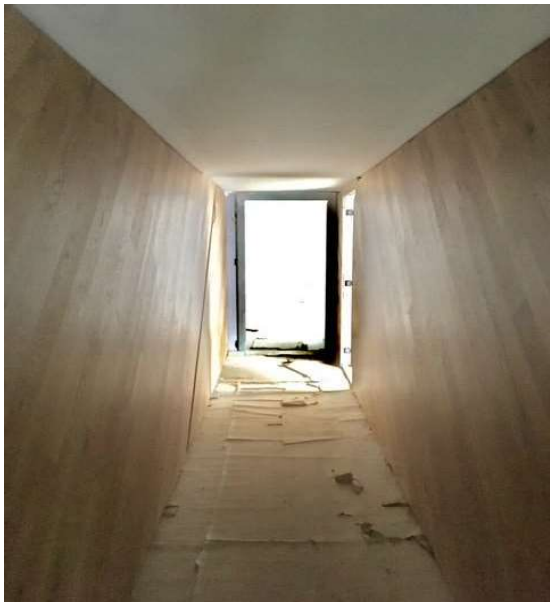


Figura 3.13 - Forras das paredes das zonas comuns

- Serralharias: todas as portas corta-fogo, portas de entrada dos apartamentos, portas de segurança, bem como a realização de uma recuperação de guardas metálicas de escadas interiores (apartamentos duplex) e nas varandas.



Figura 3.14 - Portas corta-fogo dos corredores de acesso aos apartamentos

3.5.1.2. DESCRIÇÃO DE TRABALHOS ACOMPANHADOS AO NÍVEL DE UM APARTAMENTO TIPO

Para uma descrição mais específica de trabalhos executados foi escolhido o apartamento tipo T2C do piso 4. Este apartamento possui uma área total de 112.60 m² e é composto por:

- 1 Cozinha com 9 m²;

- 1 Sala com 38.5 m²;
- 2 Quartos "suíte", um com 20 m² e com a casa de banho com 6m² e o outro quarto com 14 m² e a casa de banho com 4m²;
- 1 Lavabo com 2 m²;
- 1 Casa de banho com 6 m²;
- Áreas de circulação com 13 m².

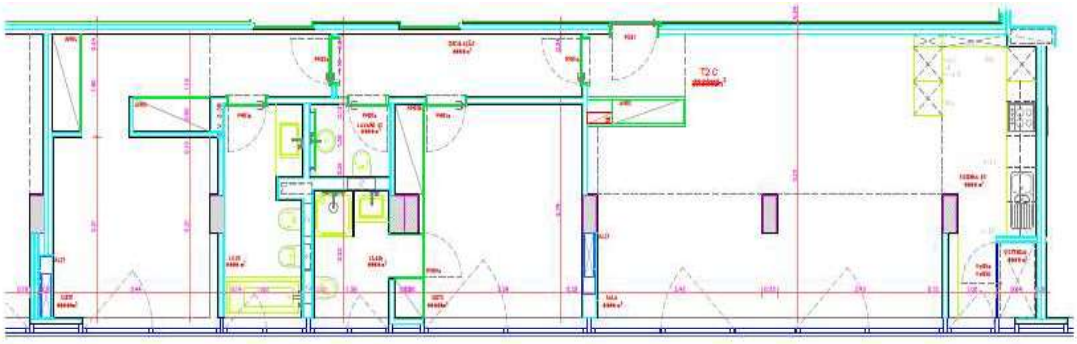


Figura 3.15 - Planta baixa apartamento T2C do piso 4 (Fonte: Projeto Arquitetónico)

Neste edifício os trabalhos foram planeados os trabalhos:

- 1° Tetos falsos: tetos executados com a tecnologia escolhida com gessos cartonados;



Figura 3.16 – Inst. de paredes e tetos com gesso cartonado e com lã de rocha

- Revestimento de tetos: optou-se pela utilização de tetos falsos de gesso cartonado nos pavimentos. No piso R/C foi realizada recuperação da armadura da laje do piso 1, com muitas armaduras à vista e, em seguida, feita regularização com rebocos e a subsequente aplicação do teto falso;



Figura 3.17 - Acabamento de tetos

- Paredes Divisórias: paredes divisórias e tetos executados em simultâneo com a tecnologia escolhida com gessos cartonados;

Essa solução tem como característica principal sua leveza e rápida instalação, permitindo assim conseguir uma maior agilidade, facilidade e rapidez na instalação de tubulações de redes elétricas e hidráulicas em seu interior. As placas de gesso cartonado levam estrutura de suporte em aço maciço, o que permite grande capacidade de ajustamento na materialização dos vãos de portas e demais caixilharias e a absorção das restrições associadas à estrutura existente, conforme mostra figura 3.18.



Figura 3.18 - Estrutura para instalação paredes gesso cartonado

O acabamento dessas paredes é denominado como “barramento”. Após as placas serem fixadas na estrutura de suporte com parafusos, inicia-se o processo de acabamento com argamassas de barramento. Nas juntas das placas de gesso cartonado são aplicadas fitas e massa corrida para sua fixação. Após barramento é aplicada a massa corrida em toda a parede, seguido das diversas demãos de pintura previstas em projeto (subempreitada diferente).



Figura 3.19 - Aplicação de barramentos em paredes de gesso cartonado

- Revestimento de paredes interiores: para as casas de banhos foram previstos revestimentos em azulejo/mosaicos e também revestimentos *barmat,* com pedra laminada *Cristal White*. Para as paredes dos quartos, salas e circulação foram previstos apenas regularização das paredes e acabamento com pinturas. Para as cozinhas e os lavabos foi aplicado revestimento com microcimento;



Figura 3.20 - Revestimentos de casas de banho com pedra laminada Cristal White

- Revestimento de pavimentos: os pavimentos dos apartamentos são acabados com soalho de madeira nas áreas de circulação, quartos e lavabos; em alguns apartamentos (T1) o pavimento de madeira foi também considerado nas cozinhas; já nas casas de banho foi escolhido revestimento em pedra cristal white;



Figura 3.21 - Revestimento de pavimento com soalho de madeira

Os pavimentos dos apartamentos são revestidos com soalho de madeiras de carvalho nas áreas de circulação, quartos e lavabos. Este revestimento foi aplicado por cima de uma manta acústica "impactodam 5", ver figura 3.22.



Figura 3.22 - Manta acústica para pavimentos

Nos locais húmidos a solução adotada para revestimentos foi de pedra laminada cristal white *"barmat"* para as casas de banho, microcimento nas cozinhas e lavandarias e pedra natural de lioz amaciado para as áreas comuns do edifício.



Figura 3.23 – Revest. de pavimentos dos WCs com pedra laminada *Cristal White*

- Revestimentos em rodapé: no local dos interiores dos apartamentos foi escolhido a aplicação de rodapés em MDF, alternando, apenas nas casas de banhos, com rodapés cerâmicos; nas zonas comuns de circulação dos pavimentos foi aplicado a pedra laminada *cristal white*;



Figura 3.24 - Rodapés em MDF

- Carpintarias: para as carpintarias foram incluídas todas as portas internas dos apartamentos e caixotes, portas e demais ferragens e acessórios dos armários;



Figura 3.25 - Instalação de portas internas dos apartamentos

- Louças sanitárias e banheiras: instalação de louças sanitárias, banheiras, base de duche e mono-comandos e sistemas de duche;



Figura 3.26 - Instalação de louças sanitárias

- Cozinhas: foi planeada a montagem completa de todos os acessórios da cozinha;



Figura 3.27 - Montagem de cozinhas

- Vidros e espelhos: espelhos, divisórias em vidro, vão em vidro e prateleiras em vidro;



Figura 3.28 - Instalação de divisórias em vidro

- Bancadas: fornecimento e instalação de bancadas;



Figura 3.29 - Montagem de bancadas da cozinha

No sistema AVAC, foi escolhido para a climatização dos espaços um sistema do tipo bomba de calor, com unidades exteriores, e interiores do tipo VRV de caudal refrigerante variável. Os trabalhos se iniciaram com a instalação das máquinas interiores e seus respetivos plenos, seguindo pela instalação e ligação das máquinas exteriores e, por último, a aplicação das grelhas de ventilação (insuflação e retorno). As unidades exteriores foram projetadas para serem instaladas nas áreas técnicas de cada piso, e as unidades interiores ficam "escondidas" pelo alinhamento dos tetos e paredes de gesso cartonado.



Figura 3.30 - Sistema AVAC (unidades interiores)



Figura 3.31 - Instalação de grelhas de ventilação

- Instalações elétricas, telecomunicações e segurança: incluindo tarefas específicas como quadros elétricos, tubagens das caixas, cablagem, aparelhagem, luminárias, equipamentos de vídeo porteiro, equipamentos de segurança e equipamentos diversos;

Os quadros de distribuição elétricas localizavam-se junto às portas da entrada de cada apartamento, nos locais onde foram feitas aberturas nas lajes para a passagem das tubagens elétricas, ver figura 4.32.



Figura 3.32 - Instalações elétricas: Quadros elétricos

- Luminárias: Fornecimento e instalação de luminárias considerando a alternativa DOME LIGHTS SQ 15W 4000K;



Figura 3.33 - Instalação de iluminação nos apartamentos

- Sistema de aquecimento AQS: foram acompanhados os trabalhos de exaustão e assentamento dos esquentadores e caldeiras nas cozinhas.

A exaustão, em função de alterações feitas, teve de ser modificada em alguns casos e ser alinhada por baixo de uma viga do apartamento, condições essas em que ela fica abaixo do nível do teto, mas escondida pelo armário da cozinha, ver figura 3.34.



Figura 3.34 - Exaustão cozinhas e assentamento de esquentadores

- Diversos: incluindo estendal de teto para secagem de roupa, tapete metálico e pilares balizadores;

3. 5. 2. TRABALHOS NOVOS NO EDIFÍCIO B

Neste edifício, na fase da obra acompanhada, foram planeados os trabalhos:

- Demolições do piso no R/C pré-existente;
- Escavação e contenção periférica: desde o piso -1 até ao piso -4, com uma solução de contenção conhecida como *muros de berlim*;



Figura 3.35 - Escavação do nível -4



Figura 3.36 - Escavação nível -4 com sincronização de giratórias

- Fundações e estrutura: incluindo betão de limpeza, fundações, pavimento térreo e elemento verticais desde o piso -4 até à cobertura do R/C.
- Paredes e divisórias: Parede em alvenaria simples de bloco cerâmico;
- Instalações elétricas, telecomunicações e segurança: incluindo equipamentos de segurança, equipamentos diversos e sistema de terra;

- Instalações e equipamentos de drenagem de águas residuais domésticas e pluviais: ramais de ligação, caixas, tubagem e acessórios e grupos de bombagem;
- Elevadores: elevador 3 do edifício B, monta-auto com função de movimentar os veículos entre os pavimentos do estacionamento e a plataforma no piso térreo onde as viaturas chegam para ser "armazenadas".

4
ORGANIZAÇÃO PRODUTIVA DA OBRA

4.1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo são abordados assuntos ao nível de produção, tais como a logística do estaleiro, a descrição da equipa de direção de obra, das equipas produtivas dos subempreiteiros e seus respetivos trabalhos. Por último, é apresentada a dinâmica das reuniões e trabalhos realizados em obra, assim como o interface com o promotor e equipa de fiscalização.

4.2. DIREÇÃO DE OBRA

A equipa de direção de obra, que tem como função principal gerir todas as questões ligadas a custos, prazos, qualidade e segurança, é composta na fase final da obra por 06 pessoas:

- Diretor de obra;
- Adjunto de direção de obra;
- Técnico de obra;
- Apontador/Administrativo;
- Dois encarregados (um responsável por cada edifício).

Além desta equipa, existem mais dois engenheiros - que dão apoio à direção de obra e participam das reuniões com os subempreiteiros -um diretor de produção e um diretor da área de negócio- que suportam a direção de obra tanto no interface com os subempreiteiros, como também no interface com as áreas de financeiras e comerciais da Casais, ver figura 4.1.

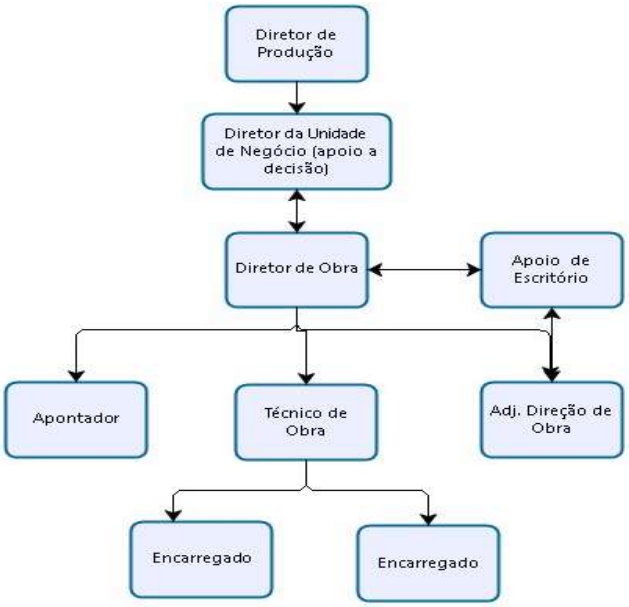


Figura 4.1 - Organograma de direção de obra

4.3. INTERFACE COM DONO DE OBRA E FISCALIZAÇÃO

A empresa responsável pela fiscalização de obras, RockBuilding, possui uma relação com a empreitada durante toda a obra, com uma equipa que se enquadra na categoria de obra número II. Dentro dessa categoria existe um Diretor/Coordenador, responsável pela área funcional, com afetação em obra de permanência percentual, por volta de 10% a 20%, e técnicos e especialistas, com visitas pontuais e também um fiscal, com uma afetação residente em obra, ou seja, de 100%.

A interface principal entre o empreiteiro, o dono de obra e fiscalização acontece por reuniões de obra semanais marcadas, normalmente, para a quinta-feira no período da tarde. Esta reunião tem contado com a presença das seguintes empresas:

- Dono de obra (Regressorbital): 2 indivíduos, representantes dos promotores;
- Fiscalização (Rockbuilding): fiscal, diretor da área funcional e pontualmente um especialista;
- Empreiteiro: diretor de obra, adjunto de direção de obra e o técnico de obra.

A reunião é gerida pela equipa de fiscalização que em primeiro momento faz a identificação das presenças e apresentação de novos integrantes (possíveis substitutos e convidados pontuais para a reunião em questão).

Em seguida, realiza-se a abordagem dos assuntos previamente estabelecidos pela fiscalização e "aprovados" tanto pelo empreiteiro como pelo dono de obra, para que a reunião tenha como foco resolver as questões levantadas e não identificar os "culpados" pelos problemas.

Durante a reunião são feitos registos das opiniões e medidas a serem tomadas para a solução de problemas e pensadas formas de prevenção de problemas futuros. Uma das tarefas de grande de importância realizadas nessa reunião é a aprovação de materiais e soluções construtivas em geral, de modo a libertar frentes para o avanço de trabalhos.

Esta aprovação ocorre de duas maneiras:

- Aprovação de amostra simples apresentada pelo fornecedor do material, como por exemplo, aprovação do revestimento do pavimento em soalho, ver figura 4.2;



Figura 4.2 - Amostra de revestimento do pavimento em madeira

- Aprovação de um "protótipo": local pequeno da construção que serve como um exemplo real de um certo acabamento, ver figura 4.3.

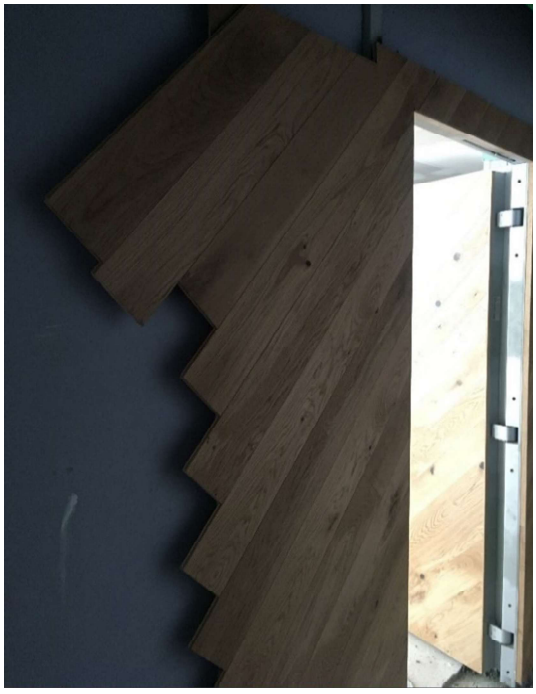


Figura 4.3 - Protótipo de forra de paredes das zonas comuns

4.4. ESTALEIRO

No âmbito desta dissertação, é interessante ressaltar o papel do estaleiro de obra, deixando de lado fontes de produção do empreiteiro, como estaleiros centrais e outras organizações produtivas de caráter fixo, em geral situados em Braga. O estaleiro de obra compreende de um arranjo físico que pode ser definido como: "Disposição de áreas de operação de homens e máquinas interessados na produção da obra em todas as fases do seu desenvolvimento" (Faria, J.A 2009).

O estaleiro da obra em análise possui uma área bruta de 1500 m². Dentro desse espaço encontram-se os edifícios originais denominados pela direção de obra como edifício "A" e edifício "B" e uma passagem "pública" entre estes dois edifícios, conforme representado na figura 4.4.

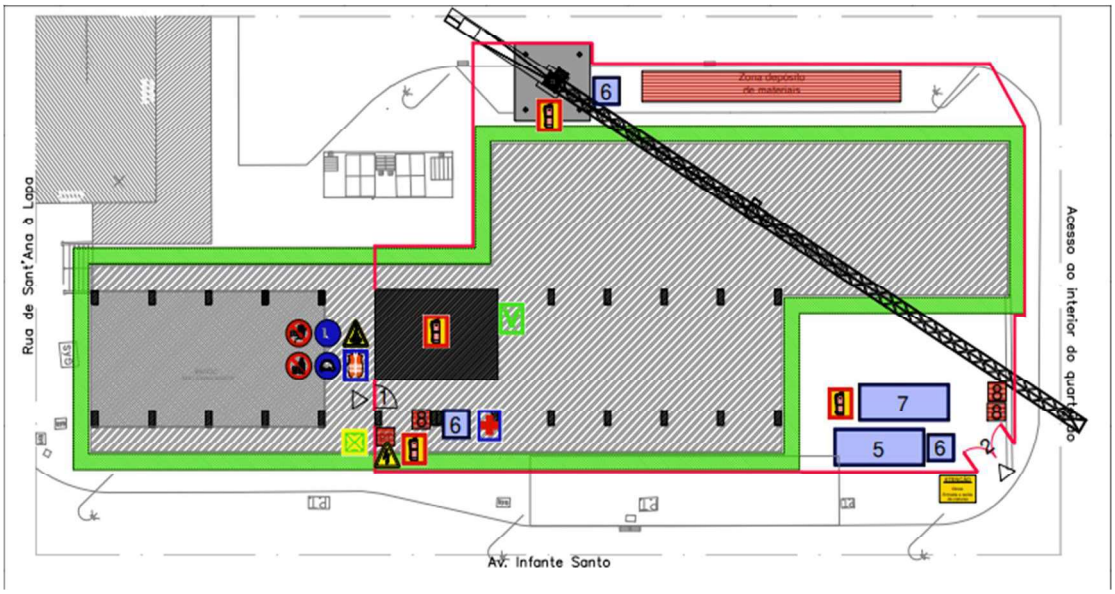


Figura 4.4 - Planta de estaleiro



Figura 4.5 - Legenda da planta de estaleiro ampliada

Para a vedação do estaleiro, utilizada para impedir a entrada de estranhos à obra, foram instalados tapumes em todo o perímetro do estaleiro, conforme indicado com linha vermelha na planta de estaleiro, ver figura 4.4.

No espaço de estaleiro, dentro da área delimitada pelo tapume, encontram-se:

- Contentores para o escritório, um destinado para a direção de obras e outro para a fiscalização;
- Contentores para vestiários, refeitórios e ferramentaria;
- Casas de banho químicas;
- Entrada e saída de viaturas de apoio aos trabalhadores de demolição, escavação e construção;
- Armazenamento de materiais diversos, necessários aos trabalhos da obra.

O isolamento de trabalhos em altura e no interior do edifício "A", foi garantido com andaime de 1 metro de largura. De forma a otimizar os custos da obra, o andaime foi montado por partes. Primeiro, iniciou-se a montagem da fachada norte, seguindo para a fachada sul, assim que se deu início a recuperação desta fachada. Para as fachadas laterais foi utilizado apenas um andaime de cada vez, com início na fachada leste e transferindo-o para a fachada oeste.

O principal equipamento de apoio aos trabalhos de construção, a grua torre, foi instalada na parte dos fundos do estaleiro, em local a meio vão face ao maior comprimento do estaleiro.

Dentro destas condições e para cobrir todo o espaço da antiga construção, foi instalada uma grua torre com 45 metros de altura e uma lança com alcance horizontal de 40 metros, conforme é apresentado na figura 4.6.

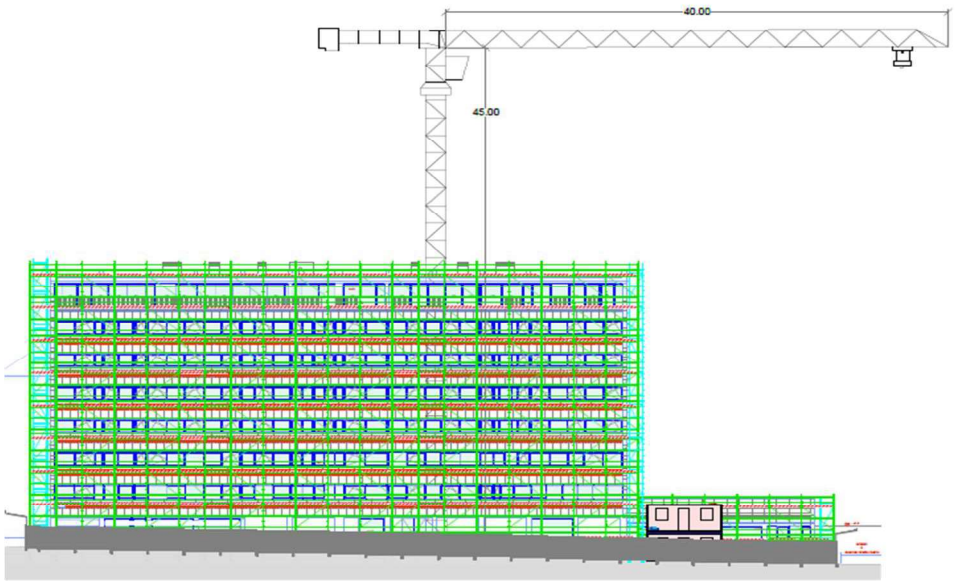


Figura 4.6 - Planta alçado principal de ocupação de via pública

4.4.1. GESTÃO DE EQUIPAMENTOS

Os equipamentos de apoio a construção civil são geridos diretamente pela direção de obra, sendo alguns dos equipamentos de responsabilidade dos subempreiteiros. A gestão de pequenos equipamentos fica com a responsabilidade do encarregado geral, que faz pedidos diretamente ao estaleiro de apoio em Sacavém, Lisboa.

De uma forma geral, os equipamentos utilizados foram referidos na tabela 4.4.

Tabela 4.1 - Principais equipamentos usados na obra

Equipamento	Modelo	Tarefa/Função
Grua torre	Potain MC80	Apoio transporte de materiais
Giratória	CAT 323	Demolições edifício "B"
Giratória	CAT 325b	Apoio a escavação piso -3
Giratória	CAT 320C LN - pá de 1m³	Escavação edifício "B"
Mini retroescavadora	JCB - 1CX	Apoio a estrutura: abertura da viga de ligação
Mini giratória	JCB - 8010	Pequenas demolições (vigas de coroamento)
Bob Cat (mini pá carregadora)	S130	Movimento de terra (piso -1)
Vibradores (3)	Pneumáticos - Trifásicos	Apoio as betonagens
Compactador cilindro	2,5 Toneladas	Compactação do piso -3
Balde de betão	1/2 m³	Apoio betonagens
Balde de betão	1 m³	Apoio betonagens
Gerador	100 Kva	Funcionamento da grua torre
Contentores (5)	Casais	Estrutura estaleiro

.

4.4.2. LOGÍSTICA DE MOVIMENTO DE MATERIAIS

Para a função de transporte e elevação de materiais foi selecionada uma grua torre Potain MC80, com alcance de 40 metros que foi montada junto à extremidade esquerda do edifício "B", de forma a cobrir todo o perímetro do estaleiro. Esta grua possui capacidade de carga de 5 toneladas nos primeiros 15,5 metros e de 1,8 toneladas em sua extremidade. Para entender um pouco melhor os trabalhos de descarga de materiais e transporte dentro do estaleiro, ver figura 4.6.

Nos primeiros metros, local em que a grua tem a sua maior capacidade, é possível fazer a distribuição de materiais no edifício "B" e também a elevação de materiais até as "zonas técnicas" do edifício "A". Neste alcance, os camiões com os materiais mais pesados têm de entrar pela rua lateral do edifício e estacionar nos fundos. Essa rua lateral possui dimensões pequenas, o que restringe o acesso ao local a camiões de grandes dimensões.

Já ao alcance da extremidade da grua é feito o transporte de materiais que são descarregados juntos aos contentores dos escritórios. Esta área possui fácil acesso, por situar-se na esquina da avenida Infante Santo, em Lisboa.

4.5. TRABALHOS FEITOS EM OBRA E TRABALHOS FEITO FORA DA OBRA

As atividades de um projeto de construção civil possuem seis etapas distintas em seu ciclo. Estas seis etapas são:

1. **Fabrico**: Iniciada por uma ordem de fabrico e finalizada quando o produto está à disposição para recolha na fábrica;

O fabrico é normalmente considerado e relevante para atividades que possuem materiais, tais como vidros, portas, vigas metálicas, com uma certa expressão no orçamento. No caso das instalações hidráulicas, por exemplo, grande parte dos acessórios e componentes já estão prontos para entrega em *stock* nas fábricas ou armazéns de distribuição por possuírem uma demanda maior dos consumidores e também por não possuírem valores excessivos.

2. **Transporte da fábrica até à obra:** basicamente é o tempo do percurso para mercadorias nacionais podendo ter outras componentes de alfândega, quando se trata de produtos internacionais;

O transporte é normalmente equilibrado entre as diversas atividades, variando apenas em casos de mercadorias internacionais. Estas tarefas devem ser cuidadosamente analisadas nas fases do "*pull planning*" para a correta identificação dos possíveis constrangimentos que, neste caso, corresponde à longa duração associada ao transporte do material até à obra.

3. **Descarga em obra:** Período em que a o material já está no destino local, mas precisa ser descarregado em um local previamente planeado no estaleiro. Após essa tarefa, muitas vezes, uma certa quantidade da tarefa já é encaminhada para faturação, dependendo das condições contratuais estabelecidas.
4. **Movimentação para local de montagem/aplicação:** movimento exercido dentro do estaleiro, podendo variar consideravelmente em função das tecnologias disponíveis em obra.

Essas duas fases, descarga em obra e movimentação para o local de montagem, normalmente não possuem durações elevadas, mas devem ser pensadas antecipadamente para uma correta logística de trabalhos que estão ocorrendo simultaneamente. Muitas vezes a grua torre (equipamento de apoio a transporte de materiais) está em 100% de uso, principalmente quando ainda estão a ser realizados os trabalhos de estrutura de betão armado.

5. **Montagem/Aplicação:** momento em que a mão-de-obra possui todos os recursos disponíveis no local certo para execução propriamente dita da tarefa.

Esta representa a etapa que normalmente possui a maior duração e com um maior peso para faturação. A montagem das tarefas é, normalmente, a única etapa utlizada para marcação das durações nos projetos de construção civil. Usando valores corretamente estimados para as produtividades de montagem/aplicação dos diversos tipos de atividades, ou seja, usando valores de quantidades executadas por unidade de tempo definem-se as durações globais de trabalhos. Deve-se ter o cuidado de utilizar valores corretamente estimados dos rendimentos das equipas, como também garantir que as equipas estarão disponíveis no período em que se pretende executar os trabalhos.

6. **Testes:** momento em que, após a completa execução da tarefa, se torna necessário executar testes para que essa tarefa possa ser considerada como efetivamente concluída.

As fases de testes são muito curtas, normalmente se estima um dia para os testes, ou até mesmo "zero dias" para tornar a atividade em um marco, no MS Project. Desse modo, uma grande parte das atividades considera os testes como uma tarefa separada, de pequena duração, mas que de qualquer forma tem uma grande importância, pois muitas vezes condiciona a faturação de cada tarefa específica. Caso os testes falhem, os trabalhos que já foram "concluídos" terão de ser pontualmente refeitos ou corrigidos e, para esse efeito, terão de ser reprogramados com significativos impactos no normal desenvolvimento das atividades.

Uma boa prática no controlo de custo é destinar pelo menos 5% do pagamento total da execução de uma tarefa para os testes finais.

Essas são as seis fases de uma atividade em seu ciclo completo. Ressalte-se que, muitas vezes, este ciclo completo não é considerado no planeamento das obras, uma vez que o planeamento das obras costuma ser feito por pessoas que trabalham em escritórios e utilizam apenas rendimentos tabelados para a definição das durações da fase de montagem em obra.

Isso obriga os diretores de obra e os profissionais que estão ligados diretamente à execução da obra a levar em conta fatores extras, além do que está estimado em um gráfico de barras, como, por exemplo, o prazo do pedido para fabrico de certo produto até a sua entrega em obra.

Na obra estudada nesta dissertação, todas as atividades acompanhadas faziam parte de subempreitadas, com a seguinte descrição no Mapa da Trabalhos e Quantidades: "As descrições constantes nos capítulos e respetivos artigos a seguir indicados, incluem o fornecimento de todos os materiais, mão-de-obra e equipamentos bem como todos os trabalhos acessórios e complementares implícitos e explícitos, remoção de resíduos de acordo com PPG."

Dessa forma, os trabalhos acompanhados em obra, são planeados considerando apenas o tempo necessário para que uma atividade seja concluída, após a entrega dos materiais em obra.

Como estas tarefas dizem respeito à fase de acabamentos, não existia nenhum tipo de fabrico em obra, ou qualquer trabalho além do transporte em obra e a montagem, que fossem significativos.

As tarefas só eram iniciadas a partir do momento que os trabalhadores começavam a transportar os materiais dentro de obra para o lugar de aplicação. Assim, este momento corresponde à data início de trabalhos destas atividades. De qualquer forma, cada tarefa só pode ser iniciada quando todas as ações correspondentes às 4 fases acima descritas (fases 1 a 4) ficam concluídas

4.6. SUBEMPREITEIROS

A obra possui contrato de subempreitada com diversas empresas, sendo algumas dessas empresas ligadas ao Grupo Casais. Desta maneira, primeiro são apresentados os "subempreiteiros" ligados ao grupo, seguidos pelos outros subempreiteiros contratados pela Casais. Além disto, é descrita a sequência das tarefas de cada subempreiteiro ligadas ao dimensionamento de suas equipas ao longo de trabalhos acompanhados.

O Grupo Casais, na obra em questão, participa através das seguintes empresas:

- Undel Engenharia Elétrica, Lda;
- Hidrocnt;
- CarpinCasais;
- Socimorcasal.

Já como subempreiteiros, nesta fase de obra, existem as empresas:

- Tratriobra;
- Nicecolor;
- CNT;
- Barbosa Pinto;
- Ferreira Barbosa;
- Interclima;
- Serrialu.

5
TRABALHOS REALIZADOS NO ÂMBITO DO LAST PLANNER SYSTEM (LPS)

5.1. INTRODUÇÃO

O presente capítulo busca apresentar os mecanismos de controlo utilizados no âmbito desta dissertação. Por motivos já explicados anteriormente, os trabalhos realizados na parte prática propriamente dita desta tese, foram no âmbito do controlo dos desempenhos dos subempreiteiros considerando os princípios definidos pela "*Lean Construction*", com destaque para o LPS e a metodologia de gestão *Lean* seguida na Casais, antes apresentada no capítulo 2.

Dentro da estrutura do LPS, o plano de trabalhos geral, conhecido como *master plan*, serve para nortear a empreitada com a fixação de marcos globais de projeto. Este plano não deve ser utilizado como base para o controlo da efetiva concretização destes marcos.

Os marcos devem ser controlados conforme os desempenhos das diversas equipas, que podem ser avaliados através das respetivas taxas de cumprimento semanal. Esta lógica segue a regra do "*pull planning*" que, para além de controlar os objetivos de projeto através dos desempenhos semanais obtidos, também se planeia a sequência de trabalhos em que apenas se utilizam as tarefas que agregam valor ao projeto.

Na metodologia *Lean,* usada na Casais, busca-se a colaboração das diversas especialidades no planeamento colocando assim os profissionais das diversas áreas técnicas e que vivem em simultâneo o dia-a-dia da execução de obras a trabalhar em equipa.

Esta metodologia é fundamental no sentido de aportar ao planeamento todos os conhecimentos e informações relevantes provenientes das diversas especialidades com o objetivo de otimizar o trabalho global e assim conseguir que todos ganhem com esse "planeamento cooperativo".

5.2. PLANOS DE TRABALHOS

Em fase de adjudicação de obra, é realizado um "plano de trabalhos base" para a execução da obra, normalmente feito de forma integrada e complementar com o orçamento da obra.

Nesse contexto, os orçamentistas têm nessa fase a função de recolher as informações mais relevantes do contrato para esse efeito (o mapa de trabalhos e quantidades e as datas marco fundamentais exigidas pelo cliente) e indexar as tarefas e quantidades necessárias ao calendário.

Ainda é necessário estabelecer as relações de dependência entre os diferentes trabalhos e estabelecer as respetivas durações. Já as durações das atividades, deve ser estabelecida sem que se ultrapassem os valores máximos de rendimentos "empíricos".

Por fim, deve-se estabelecer uma carga de mão-de-obra realista necessária ao cumprimento do referido plano, da mesma maneira que calcular o correspondente cronograma financeiro associado ao plano de trabalhos concebido para a obra.

O plano inicial associado à proposta aprovada pelo cliente é então objeto de desenvolvimento e detalhe, após passagem da obra para o sector produtivo, seguindo um processo que normalmente é apenas do conhecimento detalhado ao nível do empreiteiro geral.

Nesse contexto, são em seguida apresentados detalhadamente os planos de trabalhos, criados pela área de orçamentos/planeamento da Casais (primeiro plano acima referido) e o plano de trabalhos criado pela direção de obra (produção interna - subempreiteiros), fazendo referência aos rendimentos utilizados.

O objetivo desta descrição mais específica é ilustrar os parâmetros utilizados para análise dos desempenhos efetivamente conseguidos pelos diversos subempreiteiros nesta obra e que é feita no próximo capítulo.

Considerando os rendimentos planeados para permitir a entrega da obra no prazo contratado com o cliente, a metodologia *Lean* de controlo de execução das subempreitadas implementada pelo autor desta dissertação permitiu perceber, "*just-in-time*", os problemas surgidos na concretização do planeamento mais detalhado elaborado pelo diretor de obra e assim "aferir" o interesse da aplicação desta metodologia no planeamento e controlo operacional da fase de montagem das diversas sub-empreitadas.

A análise do desempenho dos subempreiteiros durante a execução e a permanente "reprogramação" de trabalhos resultam também da aplicação da metodologia.

Neste capítulo, os referidos planos de trabalhos são em seguida apresentados da seguinte forma:

1. Visualização geral do plano de trabalhos com foto e uma breve descrição;
2. Descrição das tarefas que foram acompanhadas em obra no período da dissertação com as informações:
   2.1 Relações de dependência;
   2.2 Duração global das atividades.

5.2.1. PLANO DE TRABALHOS BASE

O plano base possui um prazo total de 13 meses. Neste plano a aprovação da OVP, como marco inicial, no dia 20/12/2017 representa a primeira tarefa e o pedido de vistoria dos elevadores, agendado para o dia 25/01/2018, representa a última tarefa, conforme mostra a figura 5.1.

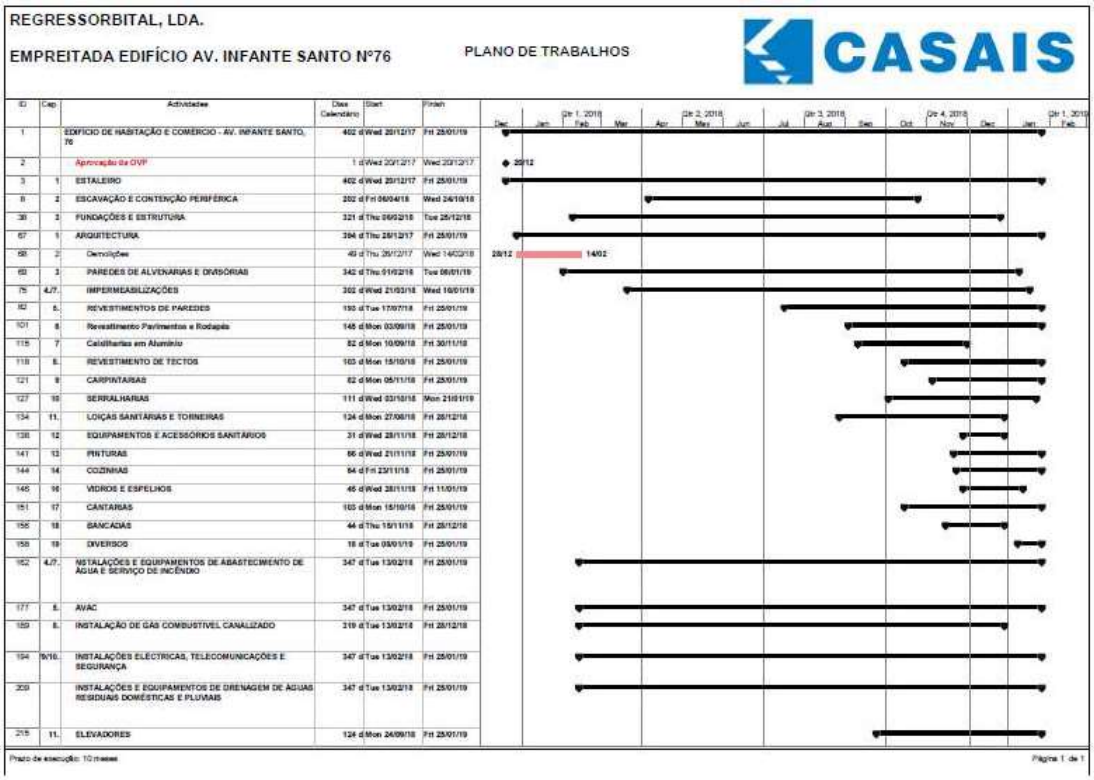


Figura 5.1 - Plano de trabalhos base

Como estes planos possuem uma alta densidade de trabalhos associados a toda a empreitada, na figura acima as atividades foram reduzidas a níveis de "tarefa resumo" – como define o MS Project – para que seja possível agrupá-las todas em uma só página.

Dentro desse planeamento macro, mencionam-se, em seguida, todas as tarefas em que foi possível realizar um monitoramento direto em obra, bem como todas as situações em que foi possível acompanhar o desenvolvimento do princípio ao fim.

Para tal, foi criada uma tabela que permite uma visualização mais simplificada do plano, ver Tabela 5.1, onde se representam apenas as tarefas mais relevantes para esta dissertação.

Tabela 5.1 - Plano de trabalhos base

ID.	Tarefas:	Dur.(d)	Tarefas Precedentes:
	EDIFÍCIO DE HAB. E COMÉRCIO	288	
69	**PAREDES DE ALVENARIAS E DIV.**	**244**	
73	Divisórias Gesso Cartonado	182	Demolições
82	**REVESTIMENTOS DE PAREDES**	**139**	
88	Cappoto	27	Recup. fachada pedra /Revest ext.
89	Paredes Interiores	105	
91	Microcimento CASTAN	35	Divisórias de gesso cartonado
92	Pedra Laminada Cristal White	54	Revestimento Paredes Ext. Azulejo
93	Azulejos/Mosaicos	50	Revest. Paredes Int. Pedra Laminada

94	Apainelados	44	Divisórias de gesso cartonado
101	**Revestimento Pavimentos e Rodapés**	**105**	
106	Soalho de Madeira	54	Divisórias de gesso cartonado
107	Pedra Laminada Cristal White	41	Regularização pavimento
109	Microcimento (cozinhas)	36	Regularização pavimento
112	Rodapé MDF	25	Revest. Pavimento: Soalho de mad.
115	**Caixilharias em Alumínio**	**60**	
116	Vãos exteriores alumínio	60	Recuperação facha pedra lioz
118	**REVESTIMENTO DE TETOS**	**75**	
119	Tetos falsos	64	Div. G. Cart. /Avac: Unid. Int./Vãos Ext.
121	**CARPINTARIAS**	**60**	
122	Portas	42	Recup. fachada pedra/Revest. Pav. Soalho
123	Armários (roupeiros)	50	Revestimento Pav. Soalho de Mad.
134	**LOIÇAS SANITÁRIAS E TORNEIRAS**	**90**	
135	Louças sanitárias	20	Revest. Pav. Pedra Lam. Cristal W.
137	Monocomandos e sistemas de duche	42	Banheiras e bases de duche
145	Cozinhas	46	Revest. Pav. Microcimento
162	**INST. EQUIP. DE ABAST. DE ÁGUA**	**249**	
168	Coletores solar	46	Impermeb. Cobertura/Tubagens
169	Depósito de Acumulação Individual	25	Coletores solar
170	Equipamento de apoio ao sistema Solar	19	Depósito de Acumulação Individual
177	**AVAC**	**249**	
178	Unidades exteriores	23	AVAC: Unid. Ext/Condutas circulares
179	Unidades interiores	96	AVAC: Tubagens e acessórios
185	Grelhas	14	AVAC: Ventiladores
194	**INST. ELÉCTRICAS, TELEC, E SEG.**	**249**	
195	Quadros elétricos	63	Inst. Elétricas: Cablagem
196	Tubagens e caixas	144	Divisórias de Gesso Cartonado
197	Cablagem	90	Inst. Elétricas: Tubagens e caixas
198	Aparelhagem	54	Inst. Elétricas: Cablagem

As atividades marcadas em "negrito" são as tarefas resumo do plano. Algumas tiverem que ser abreviadas em função do espaço existente para descrição. No próximo capítulo, estas tarefas são analisadas ao

nível dos rendimentos de execução, utilizados para os cálculos das respetivas durações em fase de planeamento pela direção de obra e, em fase de controlo de execução, por parte desta mesma direção de obra.

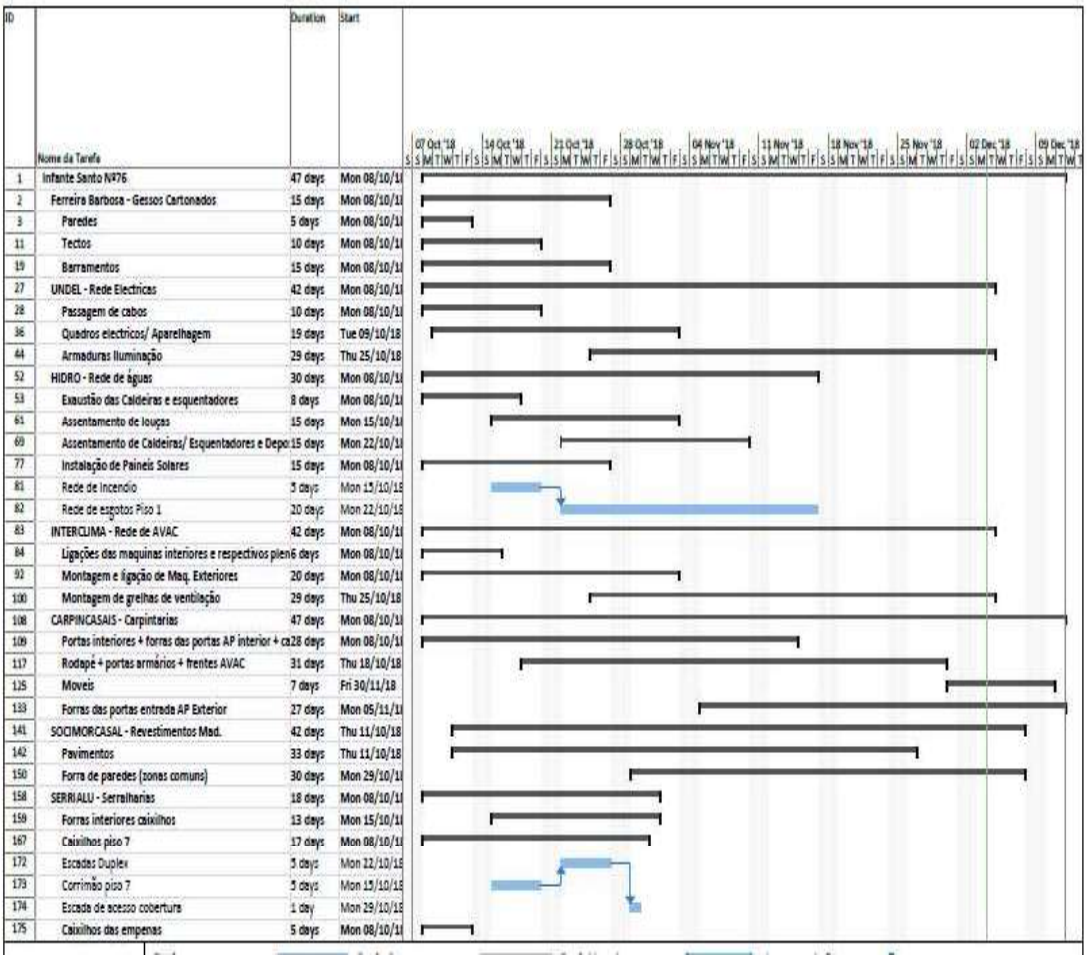
5.2.2. PLANO DE TRABALHOS INTERNO – SUBEMPREITADAS

Foi realizado um plano de trabalhos interno para monitoramento "pontual" de trabalhos que estavam a ser desenvolvidos pelos diversos subempreiteiros. Este plano foi desenvolvido pelo diretor de obra, visando um maior controlo dos subempreiteiros.

O controlo era feito através dos balizamentos de trabalhos, executados no final de cada semana e que, no início do período em obra acompanhado, eram objeto de análise e discussão em todas as reuniões de produção, todas as terças feiras, em obra.

Nesta reunião o plano interno era abordado buscando respostas dos subempreiteiros face aos desempenhos reais obtidos na semana anterior e, ao final, era feita uma nova programação de trabalhos, considerando as ocorrências anteriores.

Durante o acompanhamento da obra, foi possível acompanhar a última reunião de produção e, com base nestas tarefas particulares, foram descritas e analisadas as conclusões da presente dissertação.



ID	Nome da Tarefa	Duration	Start
1	Infante Santo Nº76	47 days	Mon 08/10/18
2	Ferreira Barbosa - Gessos Cartonados	15 days	Mon 08/10/18
3	Paredes	5 days	Mon 08/10/18
11	Tectos	10 days	Mon 08/10/18
19	Barramentos	15 days	Mon 08/10/18
27	UNDEL - Rede Electricas	42 days	Mon 08/10/18
28	Passagem de cabos	10 days	Mon 08/10/18
36	Quadros electricos/ Aparelhagem	19 days	Tue 09/10/18
44	Armaduras Iluminação	29 days	Thu 25/10/18
52	HIDRO - Rede de águas	30 days	Mon 08/10/18
53	Exaustão das Caldeiras e esquentadores	8 days	Mon 08/10/18
61	Assentamento de louças	15 days	Mon 15/10/18
69	Assentamento de Caldeiras/ Esquentadores e Depo	15 days	Mon 22/10/18
77	Instalação de Paineis Solares	15 days	Mon 08/10/18
81	Rede de Incendio	5 days	Mon 15/10/18
82	Rede de esgotos Piso 1	20 days	Mon 22/10/18
83	INTERCLIMA - Rede de AVAC	42 days	Mon 08/10/18
84	Ligações das maquinas interiores e respectivos plen	6 days	Mon 08/10/18
92	Montagem e ligação de Maq. Exteriores	20 days	Mon 08/10/18
100	Montagem de greilhas de ventilação	29 days	Thu 25/10/18
108	CARPINCASAIS - Carpintarias	47 days	Mon 08/10/18
109	Portas interiores + forras das portas AP interior + ca	28 days	Mon 08/10/18
117	Rodapé + portas armários + frentes AVAC	31 days	Thu 18/10/18
125	Moveis	7 days	Fri 30/11/18
133	Forras das portas entrada AP Exterior	27 days	Mon 05/11/18
141	SOCIMORCASAL - Revestimentos Mad.	42 days	Thu 11/10/18
142	Pavimentos	33 days	Thu 11/10/18
150	Forra de paredes (zonas comuns)	30 days	Mon 29/10/18
158	SERRIALU - Serralharias	18 days	Mon 08/10/18
159	Forras interiores caixilhos	13 days	Mon 15/10/18
167	Caixilhos piso 7	17 days	Mon 08/10/18
172	Escadas Duplex	5 days	Mon 22/10/18
173	Corrimão piso 7	5 days	Mon 15/10/18
174	Escada de acesso cobertura	1 day	Mon 29/10/18
175	Caixilhos das empenas	5 days	Mon 08/10/18

Figura 5.2: Plano de trabalhos interno – subempreiteiros

Tabela 5.2 - Plano de trabalhos interno – subempreiteiros

Id.	Atividades	Duração	Ativ. Precedente
2	Ferreira Barbosa - Gessos Cartonados	*15 days*	
3	Paredes	*5 days*	
11	Tetos	*10 days*	
19	Barramentos	*15 days*	
27	UNDEL - Rede Elétricas	*42 days*	
28	Passagem de cabos	*10 days*	
36	Quadros elétricos/ Aparelhagem	*19 days*	
44	Armaduras Iluminação	*29 days*	
52	HIDRO - Rede de águas	*30 days*	
53	Exaustão das Caldeiras e esquentadores	*8 days*	
61	Assentamento de louças	*15 days*	
69	Assentamento de Caldeiras/ Esquentadores e Depósitos	*15 days*	
77	Instalação de Painéis Solares	*15 days*	
81	Rede de Incendio	*5 days*	
82	Rede de esgotos do piso 1	*20 days*	Redes Incêndio
83	INTERCLIMA - Rede de AVAC	*42 days*	
84	Ligações das máquinas interiores e respetivos plenos	*6 days*	
92	Montagem e ligação de Maq. Exteriores	*20 days*	
100	Montagem de grelhas de ventilação	*29 days*	
108	CARPINCASAIS - Carpintarias	*47 days*	
109	Portas int. + forras das portas AP int. + caixotes armários	*28 days*	
117	Rodapé + portas dos armários + frentes AVAC	*31 days*	
125	Moveis	*7 days*	
133	Forras das portas de entrada AP Exterior	*27 days*	
141	SOCIMORCASAL - Revestimentos Mad.	*42 days*	
142	Pavimentos	*33 days*	
150	Forra de paredes (zonas comuns)	*30 days*	
158	SERRIALU – Serralharias	*18 days*	
159	Forras interiores caixilhos	*13 days*	
167	Caixilhos do piso 7	*17 days*	
172	Escadas Duplex	*5 days*	Corrimão (piso 7)
173	Corrimão (piso 7)	*5 days*	
174	Escada de acesso cobertura	*1 day*	Escadas Duplex
175	Caixilhos das empenas	*5 days*	

Neste plano acima não é possível visualizar, mas as tarefas foram planeadas para serem executadas por pisos (ver figura 5.3 abaixo). Em função dos imprevistos antes ocorridos na execução da obra (a saber: alterações muito significativas do projeto nos apartamentos do piso 6 e 7), a sequência de execução de trabalhos foi estabelecida dando início aos trabalhos de paredes, revestimentos e acabamentos no piso 5 e avançando até o piso 1. Após conclusão do piso 1, as equipas eram direcionadas para o piso 7 e finalizavam os trabalhos no piso 6.

A figura 5.3 mostra um exemplo desta sequência, com a tarefa de revestimento dos pavimentos com soalho de madeira. Todas as restantes tarefas seguiram sequências similares.

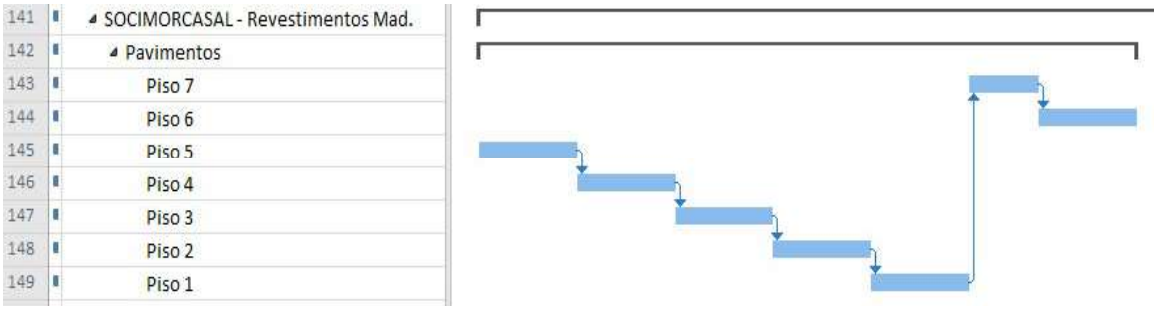


Figura 5.3 - Sequência tarefas plano internos – subempreiteiros

5.3. APRESENTAÇÃO DAS FERRAMENTAS DA LEAN CONSTRUCTION EM OBRA

5.3.1. QUADRO PARA O PLANEAMENTO DE MÉDIO PRAZO (*LOOKAHEAD*)

Para aumentar o fator de visibilidade do planeamento, foi implementado um quadro com a proposta do cronograma *lookahead*, do LPS. Uma das vantagens do *Last Planner System* é o poder de representar o plano de trabalhos de forma inovadora frente ao tradicional gráfico de Gantt, conhecido também como gráfico de barras. Uma das grandes críticas dos profissionais envolvidos na construção civil, e também da própria Casais, é justamente a difícil leitura deste gráfico de barras pelos profissionais que trabalham em obra, considerada a alta densidade de informações que nele consta.

No início desta implementação, já se começa a enfrentar os obstáculos que separam a teoria da prática. O escritório da direção de obra, um contentor com uma área aproximada de 30 m², para a utilização de sete pessoas fixas em obra, possui espaços muito limitados para esta aplicação. A ideia inicial de seguir as características deste cronograma, conforme explicado no capítulo 2 (subcapítulo 2.2.4), logo teve que ser modificada. A janela de espaço que é aconselhada ter um espaço de tempo de seis a oito semanas teve de ser reduzida a 4 semanas, conforme a figura 5.4 abaixo evidencia.

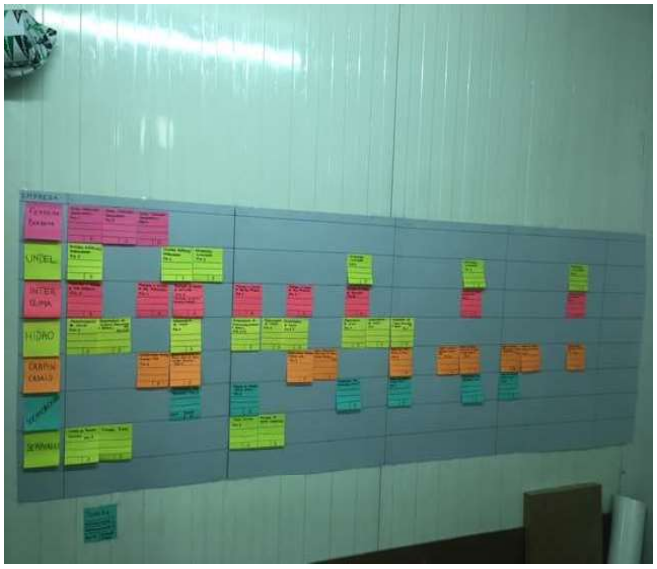


Figura 5.4 - Primeira versão do cronograma lookahead

Na primeira versão desse cronograma foram ilustradas as tarefas de sete subempreiteiros com uma janela de tempo de quatro semanas. Essa configuração mostrava uma disposição física simples dos post-its, com os subempreiteiros identificados na primeira coluna. As respetivas atividades eram então alinhadas na mesma altura e no eixo longitudinal existiam quatro segmentos representando as semanas a jusante do calendário (nas linhas os subempreiteiros, nas colunas os dias de 4 semanas, nos post-its os trabalhos do dia – ver figura 5.4).

A primeiro configuração de post-its ficou com algumas informações básicas da tarefa, ver figura 5.5, onde se regista a informação fundamental da tarefa:

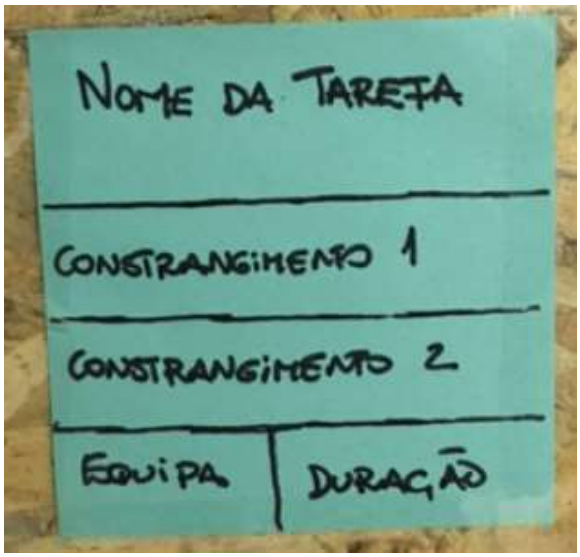


Figura 5.5 - Primeira configuração de post-it

Com o passar do tempo buscou-se um melhor aproveitamento deste quadro e com isto foram introduzi-dos novos elementos. Primeiro foram fixados post-its acima deste cronograma com as datas justificadas

e, posteriormente, foi introduzida uma linha superior com a designação do local onde as tarefas deveriam ocorrer nos próximos dias. Dessa forma, quando a equipa envolvida olhasse para o quadro e fizesse uma leitura de forma vertical, ou seja, examinasse as colunas programadas para a semana, poderia observar que trabalhos ocorreriam em simultâneo no mesmo local e tal evidência permitiu detetar incongruências associadas à simultaneidade de ocupação de um espaço no mesmo dia por diferentes subempreiteiros.

Essa caracterização dos locais foi designada em função dos pisos do prédio, uma vez que o plano de trabalhos já possui essa sequência de trabalhos.

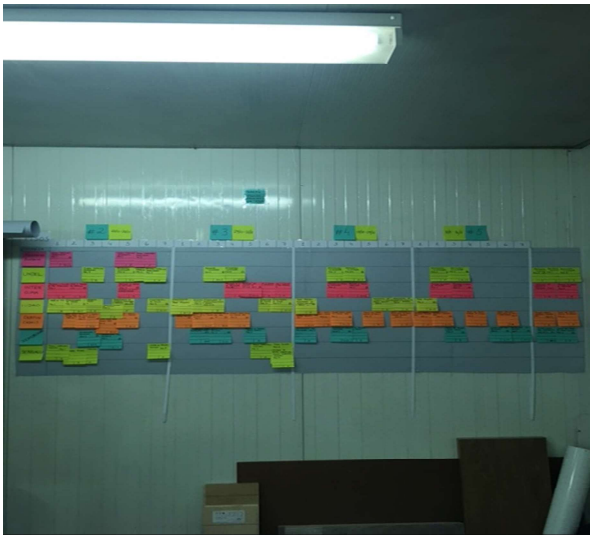


Figura 5.6 - Segunda versão do quadro lookahead



Figura 5.7 - Detalhe da segunda versão do cronograma lookahead

Na figura 5.7, pode-se perceber a dificuldade para disposição dos post-its. O ideal era ter um espaço com folgas para a fixação dos post-its, com mais de uma linha por cada subempreiteiro, assim como folgas no espaçamento das "colunas". Dessa forma, este plano ficaria com um aspeto mais organizado, sem nenhuma sobreposição de post-its e proporcionaria uma aparência mais amigável para leitura.

Logo na segunda semana de aplicação destes quadros, em função do avanço de trabalhos da obra, a organização física do estaleiro teve de ser alterada e a questão das dificuldades de aplicação foram novamente enfrentadas. O contentor da direção de obras foi retirado do estaleiro e o escritório teve de ser transferido para um apartamento no piso 1. Neste novo local, o espaço era maior, porém as paredes já estavam com a primeira demão de tinta aplicada e a direção de obra não permitiu a utilização destas paredes para fixação dos quadros. Com isso, foi necessário montar uma estrutura provisória de madeira, para a fixação dos quadros e a última versão do plano de médio prazo, o lookahead, ficou conforme a figura 5.8.

Cronograma *lookahead*.

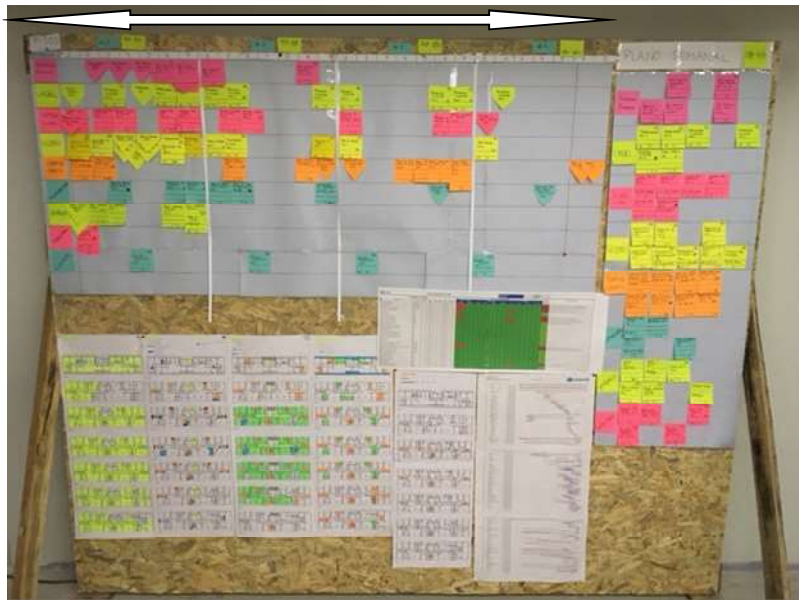


Figura 5.8 - Terceira versão do cronograma *lookahead*

Nesta figura, além do cronograma lookahead, estavam afixados o plano semanal de trabalhos, a tabela com a análise de constrangimentos, plantas para controlo de conclusão física da obra e o plano de trabalhos acordado com o Dono de Obra, em formato de gráfico de barras.

Já na última versão os post-its foram novamente alterados para uma nova disposição de informações sobre a tarefa, ver figura 5.9 abaixo.

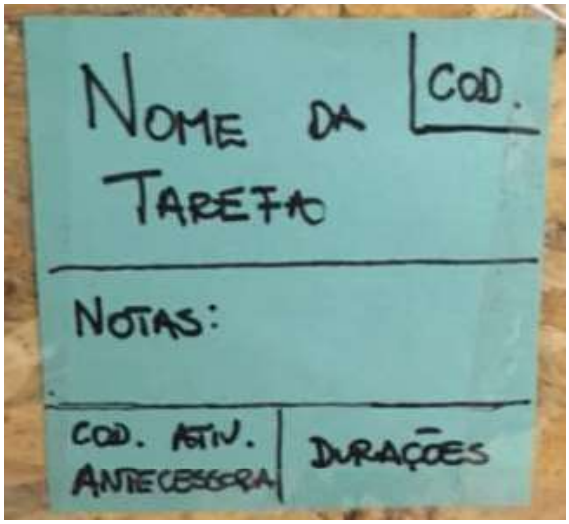


Figura 5.9 - Segunda configuração de post-it

A última alteração feita ao planeamento de médio prazo do LPS, foi a utilização de post-its com uma forma diferente, com a parte inferior cortada, para sinalizar algumas datas chaves de conclusão das tarefas do plano de trabalhos. Este post-it possui apenas a descrição da tarefa que deveria ser concluída e a respetiva data de conclusão, conforme a figura 5.10 abaixo documenta.

Esta prática de utilização de datas chaves não é corrente na aplicação do LPS, pois este prevê uma constante reprogramação de trabalhos de forma a planear os trabalhos de forma realista e confiável.

Como as muitas ações de controlo do LPS ainda não são aplicadas em obra, e a mesma se encontrava em uma fase final, em que já não haviam mais folgas para reprogramações, foi então decidido utilizar esta nova configuração de post-its de forma a fazer com que os trabalhadores percebessem o que estava "prometido" ser feito, e o que estava realmente a ser feito.

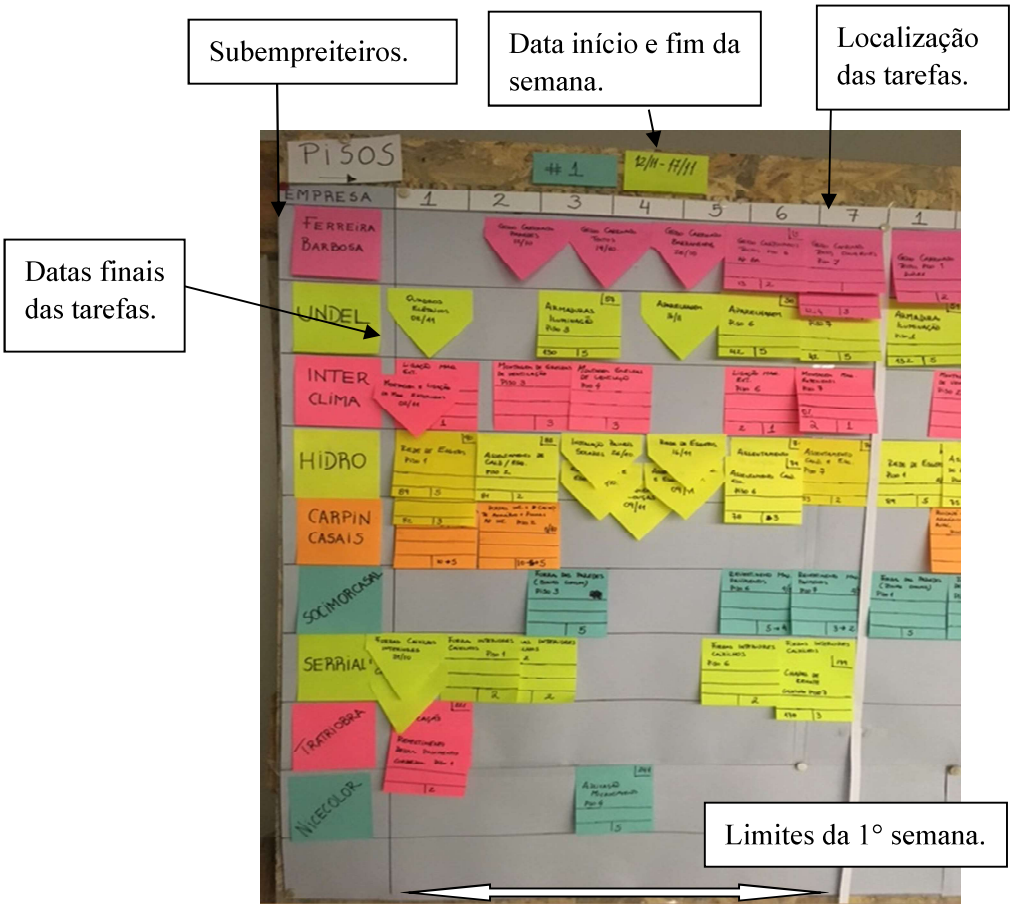


Figura 5.10 - Detalhe da última versão do cronograma *lookahead*

Na primeira versão deste cronograma, inserido no contentor do escritório da direção de obras, começou-se a notar uma mudança de atitude dos subempreiteiros em que se percebia um maior interesse em conhecer o que estava a ser planeado para o dia-a-dia da obra, em outras palavras, um maior interesse no planeamento e preparação das tarefas. Este quadro teve de ser fixado em uma parede que ficava atras de uma secretária grande, o que de princípio significou um problema para realizar a interação dos profissionais com o quadro. Mesmo assim, somente com a componente visual deste quadro, já foi possível notar um maior esforço dos envolvidos na busca de maiores níveis de controlo da obra e um maior interesse em conhecer o que estava a decorrer em cada dia em cada local (informação fácil de retirar do quadro).

No entanto, a abordagem aos diversos subempreiteiros, visando uma maior colaboração desses com o planeamento foi, em geral, relativamente baixa. Dentro das condições presenciadas, não poderia se esperar mais. As principais condicionantes que dificultaram uma maior participação dos subempreiteiros incluem:

- **Compreensão da situação em que se estava inserido:** o início dos trabalhos da dissertação coincidiu com os prazos finais da obra. No primeiro dia de inserção da obra, foi realizada a última reunião de balizamento de trabalhos, pois o plano de trabalhos inicial já tinha sido ultrapassado e as reprogramações começaram a ser substituídas por cobranças rigorosas das falhas por parte dos diretores de produção (ameaça de multas);
- **A falta da criação dos fluxos de trabalhos com o planeamento puxado (*pull planning*):** a aplicação das primeiras fases do LPS, nomeadamente o plano macro e o plano por fases, já não teria impacto no plano de trabalhos e também já não era mais possível ser feito.

> Neste cenário, a implementação de um sistema totalmente inovador para os costumes da construção portuguesa, como o LPS, foi direcionada para que fosse formada uma imagem introdutória dos processos que se pretende aplicar e os benefícios que esse sistema pretende trazer, ao invés de se tentar uma abordagem que objetiva a implementação bem-sucedida deste sistema e que, nesta obra não seria mais possível por esta estar perto do fim.

Assim, na medida em que os subempreiteiros iam aos escritórios da direção, o que ocorria era uma conversa informal sobre o que estava sendo introduzido na obra. Muitos dos subempreiteiros não tiveram a oportunidade para essa abordagem inicial, mas alguns, sobretudo os que faziam parte do Grupo Casais, demonstraram um maior interesse em conhecer a metodologia do LPS.

Já na terceira versão do cronograma, em que o mesmo estava fixado em um quadro de madeira, conforme a figura 5.8 mostra, começou-se a perceber um maior contato dos profissionais com a ferramenta. Como este quadro ficava junto à entrada do escritório, os profissionais passavam diariamente por ele, e algumas vezes ficavam analisando-o. Nestes casos, foram presenciadas situações em que o encarregado de uma certa equipa, ao visualizar o plano de trabalhos das semanas a jusante do calendário, se surpreendiam com as datas previstas para o início das próximas atividades e isso servia de alerta para que os encarregados dos diversos subempreiteiros se lembrassem de tomar as ações necessárias para que fosse possível cumprir as tarefas e objetivos globais do plano de trabalhos. Em contraponto, verifica-se uma falta de uma comunicação transparente dentro das obras. Os problemas, dificuldades e constrangimentos deveriam ser mais incentivados a tornarem-se assuntos nas reuniões de produção e, assim, abordados de forma a buscar procedimentos que resolvam e/ou evitem a repetição desses.

Em razão da prática realizada em obra e dos estudos sobre o sistema *Last Planner*, observa-se que este quadro deveria seguir um padrão de utilização que, nesta aplicação, foi alterado. Ao invés de possuir as linhas para cada empresa, com o fim de proporcionar uma leitura mais facilitada pelos profissionais que não possuíam qualquer formação sobre este sistema, devem-se utilizar as linhas do quadro para fazer a ilustração dos "caminhos de fluxo do projeto". Estas linhas devem ser feitas com a sequência que se espera executar os trabalhos, demostrando, assim, o fluxo real de trabalhos esperados. A única distinção entre as empresas deve ser feita com cores, atribuindo a cada empresa uma cor, e com descrições por escrito no post-it. Estes fluxos de trabalhos devem ser seguidos da mesma maneira em que se prevê o planeamento na fase anterior do *Last Planner*, em que, através do princípio do *pull planning*, planeiam-se os trabalhos que agregam valor ao projeto em caminhos necessários para alcançar os marcos de projeto.

5.3.2. Análise de Constrangimentos/ Constraints Analysis

Nesta fase, que objetiva tornar as atividades prontas para a produção, foi possível verificar a falta de eficácia na utilização do LPS. Conforme previsto nas normas de utilização dos "Quadros Kaizen" (explicado no ponto 2.3.1), a análise dos constrangimentos deveria ser feita visando preencher o quadro com as ações necessárias para eliminação dos constrangimentos, nomear responsáveis e marcar o estado de cada ação.

O problema encontrado nesta aplicação deriva do fato de a análise ter de ser feita **inicialmente** na fase de planeamento de médio e longo prazo, nomeadamente na etapa inicial de planeamento por fases (*phase planning*).

Porém, essa fase de planeamento não foi implementada na obra. Assim, a análise de constrangimento apenas foi possível realizar mais tarde através da colaboração das diversas especialidades envolvidas na fase de execução/montagem em obra.

Os envolvidos identificaram todos os possíveis constrangimentos, nomearam responsáveis para eliminação destes constrangimentos e também trabalharam para que esses constrangimentos fossem realmente eliminados. Além disto, o responsável pelo planeamento em obra, teve de se empenhar no dia-a-dia em manter um envio constante de *e-mails* de forma a solicitar actualizações sobre as ações de eliminação dos constrangimentos.

Dessa forma, foi possível eliminar muitos constrangimentos que, mesmo não permitindo que as tarefas estivessem muitas vezes "prontas para execução", eram iniciadas nas semanas previstas, embora ainda com algum risco de paragem. Infelizmente para a Casais, muitas vezes os trabalhos tiveram de parar em função de alguns constrangimentos "não resolvidos", em geral causados por falta de material ou componentes ou por falta de mão-de-obra.

5.3.3. PLANO DE TRABALHOS SEMANAL/WEEKLY WORK PLAN

No plano de trabalhos semanal, as tarefas foram ilustradas seguindo os padrões de utilização dos post-its. Este quadro ficava ao lado do cronograma *lookahead,* e buscava ilustrar as atividades que se previa serem executadas naquela semana. A primeira versão pode ser observada na figura 5.11 abaixo.

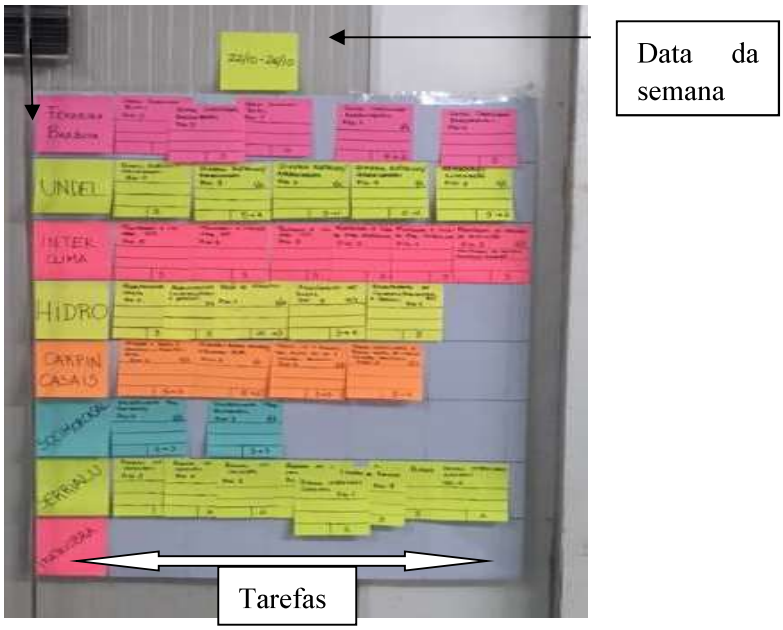


Figura 5.11 - Primeira versão plano de trabalhos semanal

Nesta primeira versão, pode-se observar o elevado número de tarefas para algumas empresas (subempreiteiros) e a falta de utilização dos critérios de qualidade do *Last Planner System* (explicado no ponto 2.2.7.6). Como os subempreiteiros iniciavam os trabalhos em várias frentes, e.g. vários apartamentos, na maioria das vezes, as atividades apenas avançavam em termos de "percentagem completa" para fins de balizamento, mas não eram concluídas. Nota-se também uma grande dificuldade com o espaço para utilização dos quadros com sobreposições de post-its, mas que na segunda versão do quadro já se organizaram melhor, ver figura 5.11.



Figura 5.12 - Segunda versão do plano de trabalhos semanal

Em termos práticos, este quadro mostrou-se uma excelente ferramenta visual de apoio ao monitoramento físico de trabalhos. Notou-se um elevado nível de não cumprimento do que estava previsto ser executado, ou seja, pouca utilização dos contributos de um planeamento e preparação de tarefas.

Para analisar as informações diárias da obra, e.g. presença das equipas em obra, monitoramento de trabalhos entre outros, tornou-se necessária a utilização de uma ferramenta digital: o quadro de tarefas semanal, ver ponto seguinte.

5.3.4. QUADRO DE TAREFAS SEMANAL

O quadro de tarefas semanal, proposto pela assessoria da Kaizen Institute Portugal (explicado no ponto 2.3.5), foi parcialmente modificado para buscar obter uma maior retenção de informações sobre os trabalhos em obra. Visto isso, foram feitas as seguintes modificações:

- Alteração de duas para uma semana, para evidenciar o objetivo de buscar cumprimentos semanais;
- Inserção de uma nova linha com o número de trabalhores a cada dia e para cada subempreiteiro;
- Alteração da coluna “realizou-se” para “finalizou-se”;
- Inserção de uma coluna em que se calcula a taxa de cumprimento semanal de cada subempreiteiro (TCS), em inglês conhecida como *Percentage Plan Complete (PPC)*.
- Inserção de duas colunas, uma com o último balizamento realizado e outra com o valor do balizamento ao final da semana, para verificar o avanço das tarefas, conforme solicitado pela direção de obras, para realização do balizamento semanal. Esta prática foi apenas utilizada em função desta solicitação da direção de obras, e não possui grande efeito no LPS, porque esse busca criar planos de trabalhos semanais em que as tarefas, corretamente dimensionadas, são efetivamene concluídas;

- Inserção de uma linha com a taxa de cumprimento semanal (TCS GERAL) buscando uma análise de desempenho do sistema como um todo e não uma análise individual dos diversos subempreiteiros.

CASAIS

Descrição das tarefas	Empresa/ Responsável	PLANO DE TRABALHOS SEMANAL										% TCS GERAL
		19/nov	20/nov	21/nov	22/nov	23/nov	24/nov	Finalizo u-se? (S/N)	Balizamento 16/12	Balizamento 24/11	% TCS Balizamento	% TCS-Conclusão	46%
		Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sab						CAUSAS PRINCIPAIS
Tectos piso 7	Ferreira Barbosa	X	X	X				S	80%	90%	68%	40%	
Barramentos piso 7		X	X	X	X	X		N	10%	30%			M.O
Barramentos piso 6		X	X	X				N	50%	65%			M.O
Arremates sancas		X	X	X	X	X		N	0%	60%			
Fechamentos tectos exaustões		X						S	90%	95%			
Número de homens em obra:		7	7	8	8	6							36
Quadros elétricos piso 6	Undel	X	X	X	X	X		N	60%	80%	48%	20%	Alteração Projeto
Armaduras de iluminação piso 5					X	X		N	10%	15%			A.P. não concluída
Aparelhagem piso 7						X		N	0%	10%			A.P. não concluída
Aparelhagem piso 6				X	X	X		N	0%	40%			M.O
Aparelhagem piso 1					X	X		S	60%	95%			
Número de homens em obra:		8	8	7	7	8							38
Finalizar instalação maq. Interiores p.1	Interclima	X						S	0%	90%	83%	60%	
Finalizar instalação plenos piso 6		X		X				S	85%	90%			
Montagem e Ligação Maq. Ext. p.5			X	X	X			S	50%	90%			
Montagem e Ligação Maq. Ext. p.4						X		N	50%	60%			M.O
Montagem e Ligação Maq. Ext. p.3								\	50%	50%			M.O
Montagem e Ligação Maq. Ext. p.2								\	50%	50%			

Figura 5.13 - Quadro de tarefas semanal.[18]

Este quadro mostrou-se útil e essencial para um monitoramento das tarefas em obra. Através dele foram feitas análises da efetividade do planeamento a partir de duas perspetivas. A primeira é a verificação da previsibilidade de trabalhos semanais, em que se analisam as causas das falhas, e a segunda perspetiva observa a produtividade dos subempreiteiros. Ambas as análises são explicadas mais detalhadamente no capítulo 6 onde se apresentam de forma mais desenvolvida alguns exemplos dos procedimentos seguidos.

[18] O anexo A mostra um exemplo completo da aplicação deste quadro.

6
EVIDÊNCIAS DO CONTROLO EFETUADAS SOBRE O QUE FOI PLANEADO

6.1. INTRODUÇÃO

Esse capítulo evidencia os exemplos de ações de controlo efetuadas sobre o que foi planeado em obra, possibilitando, assim, uma leitura do desempenho da produção a partir da análise dos valores referentes à taxa de cumprimento semanal (TCS).

A metodologia empregada na presente dissertação objetivou encontrar a taxa de cumprimento semanal (TCS). Essa percentagem é encontrada a partir da divisão do número de tarefas concluídas pelo número de tarefas planeadas em cada semana. Neste trabalho, essa taxa de cumprimento semanal foi analisada de forma conjugada com as características específicas da produção, dentre elas, a utilização de mão-de-obra e a quantidade de atividades em execução.

Foi também realizada uma análise entre a taxa de cumprimento semanal (TCS) e a produtividade, buscando estabelecer uma correlação entre elas, que também se apresenta neste capítulo. Mesmo com uma amostragem pequena (8 semanas), buscou-se compreender o cenário em que a CASAIS se encontra, para evidenciar as oportunidades que podem advir das melhorias na área do planeamento e controlo de obras, sobretudo no que se refere a previsibilidade do fluxo de trabalhos executados por sub-empreiteiros.

6.2. ANÁLISE DE DADOS

6.2.1. TAXA DE CUMPRIMENTO SEMANAL DA OBRA (TCS)

Os dados recolhidos durante as 8 semanas de monitoramento de trabalhos foram resumidos na tabela 6.1 “Análise de dados da produção”, apresentada abaixo.

Tabela 6.1 - Análise de dados da produção

Tabela 6.1: Análise de dados da produção								
Semana	1	2	3	4	5	6	7	8
Média TCS (4 semanas)				42%	46%	43%	43%	43%
TCS	25%	50%	37%	56%	43%	35%	38%	58%
N° de homens em obra (semana)	156	118	174	253	210	229	190	176
N° atividades planeadas	8	16	19	18	14	17	16	18
N° atividades concluídas	2	8	7	10	4	6	6	11
N° atividades em execução	31	29	28	35	30	36	43	40
Mão-de-obra	15	10	15	17	9	7	14	8
Materiais	4	6	4	1	0	1	2	2
Equipamentos	1	1	0	0	0	0	0	0
Condições de segurança	0	0	0	0	0	0	0	0
Desenhos/Projeto	1	0	0	1	1	0	1	0
Atividade precedente	2	2	1	6	3	1	0	2
Aprovação material	0	0	0	0	0	0	0	0
Aprovação solução construtiva	0	0	0	0	0	0	0	0
Condições climáticas	0	0	0	0	0	0	0	0

Nesta tabela é possível identificar as principais características da produção, dentre elas a taxa TCS, as quantidades de atividades, a utilização de mão-de-obra e, por último, a ocorrência das causas "primárias" durante todo o período de monitoramento.

A primeira análise feita foi a sobre taxa de cumprimento semanal, em inglês, *percent plan complete* (PPC), a qual revelou um valor médio de 43%, ver figura 6.1 abaixo.

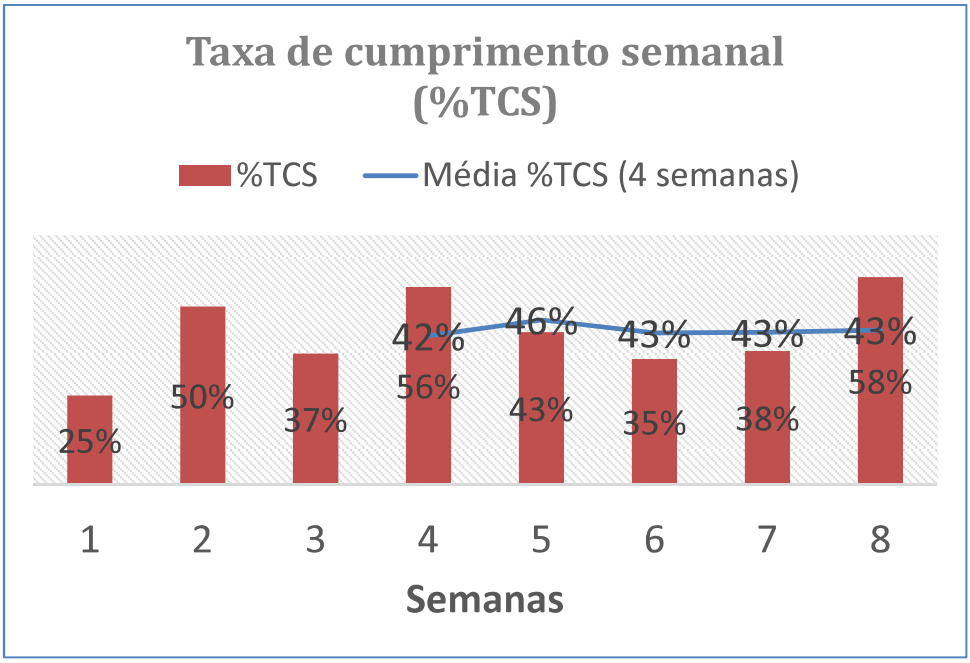


Figura 6.1 - Gráfico da taxa de cumprimento semanal (TCS)

A partir desta primeira análise verificou-se, além de uma baixa média da taxa TCS (43%), um baixo valor máximo, que em nenhuma semana ultrapassou 60%. Reitera-se que esta análise busca compreender as tendências da actual gestão de trabalhos de planeamento e controlo de obras e não a variação dos valores da taxa TCS frente à implementação dos princípios do *Last Planner System*, que ainda não foram implementados de forma completa em obra. Assim, o que se observa é um baixo valor de confiabilidade nos planos de trabalhos que, por sua vez, torna praticamente impossível prever quais atividades realmente serão finalizadas para que se possa manter um fluxo de trabalhos contínuo.

As próximas análises buscam uma comparação da taxa TCS com características da produção de modo a perceber melhor o enquadramento desses valores no cenário da actual construção.

6.2.2. Análise das causas primárias

A análise das causas primárias foi realizada de forma breve, não sendo elas discutidas em reuniões com a produção e nem utilizando a técnica dos 5 porquê's (ver ponto 2.2.7.10). Inclusive, por se tratar de uma primeira observação feita pelos profissionais envolvidos nas atividades e não uma análise colaborativa visando encontrar fases do planeamento e do controlo de obras que não foram corretamente aplicadas, que essas causas são nomeadas de "primárias". Desta forma as causas foram identificadas em função das conversas informais entre o diretor de obra e os subempreiteiros que, eventualmente, aconteciam em obra. O que se observa é que a principal componente para os desvios dos prazos, a falta de mão-de-obra, com aproximadamente 70% das totais ocorrências, é também a maior dificuldade que a construção civil, em Portugal, possui neste momento, ver figura 6.2.

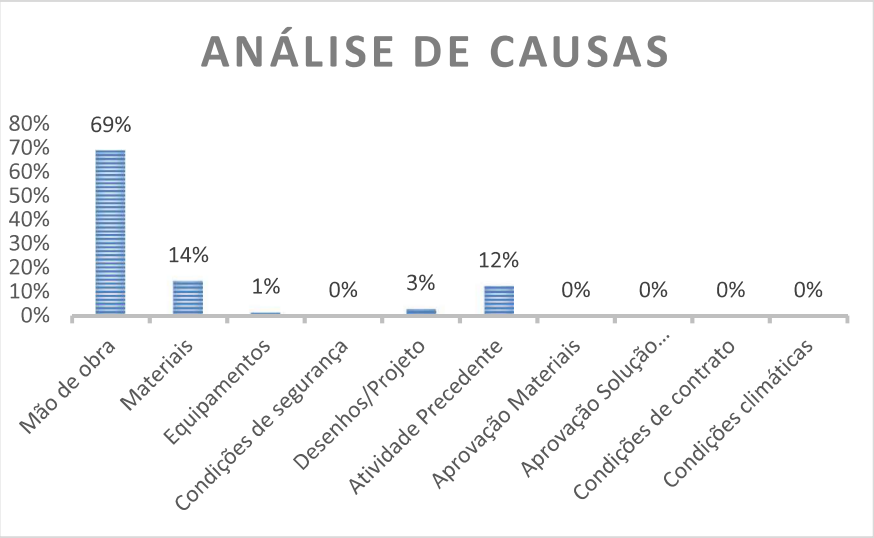


Figura 6.2 - Gráfico de análise das causas

As duas principais causas primárias representadas na figura 6.2, a falta de mão-de-obra e materiais, indicam que esses dois componentes não estavam disponíveis no local certo e na hora certa para execução de trabalhos planeados em cada semana. Já a causa "atividade precedente", com 12% de ocorrências, significa que a tarefa planeada para semana não pode ser concluída em função de um atraso na atividade que constituía um pré-requisito para que, a tarefa em causa, pudesse acontecer.

A primeira delas, analisada a partir da ótica do LPS, poderia nos levar tanto à conclusão de falta de balanceamento das tarefas, como à conclusão simples de falha na eliminação de constrangimentos, em que, por exemplo, poderiam ter feito uma promessa de inserir mais mão-de-obra que acabou não sendo cumprida. Pelo lado da falta de balanceamento (ponto 2.2.7.3), como antes mesmo de iniciar o acompanhamento em obra já existiam desvios de prazos, as equipas estava sobrecarregadas e era necessário aumentar a capacidade destas (número de homens em obra), ou utilizar a prática recomendada pelo LPS em diminuir a carga sobre as equipas para, assim, alcançar níveis de confiabilidade maior.

Já a análise das causas de falhas decorrentes da falta de materiais, da não conclusão das atividades precedentes, e dos desenhos/projetos (alterações ao projeto em que os trabalhos necessitam esperar uma aprovação prévia dos projetista antes de poder avançar), possivelmente nos levariam à conclusão que as razões para as falhas se encontram na não aplicação dos critérios de qualidade (ponto 2.2.7.6) e também em razão da falta de eliminação dos constrangimentos (ponto 2.2.7.4).

6.2.3. Análise da taxa TCS e utilização de mão-de-obra

Para uma melhor compreensão dos valores da taxa de cumprimentos semanais obtidos é feito abaixo uma análise entre a taxa TCS e a utilização de mão-de-obra (número total de trabalhadores durante uma semana de trabalhos), ver figura 6.3.

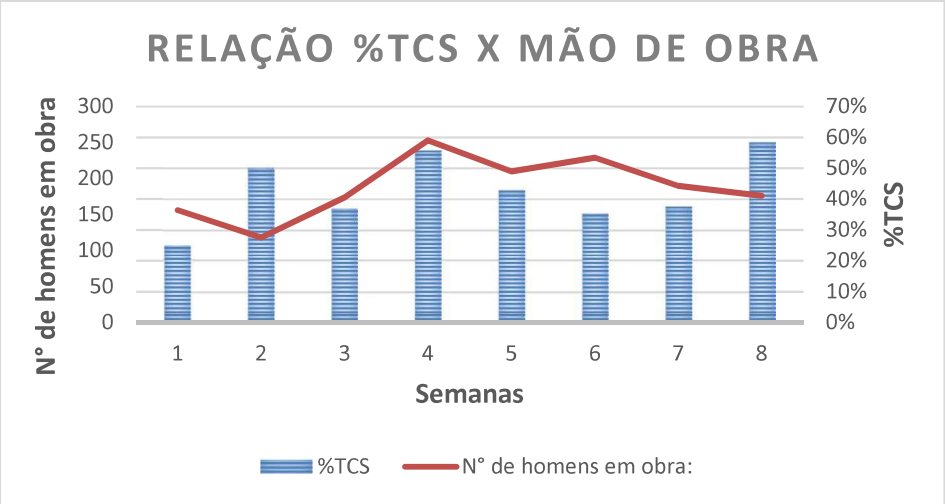


Figura 6.3 - Gráfico da relação entre %TCS e Utilização de mão-de-obra

A análise da figura 6.3 permite perceber que a relação entre o número de mão-de-obra (MO) e a percentagem TCS não é direta, bem como é possível verificar que a causa primária (utilização de M.O) não é a verdadeira razão para os baixos valores dos cumprimentos semanais obtidos. Observa-se que realmente um dos picos da %TCS (semana 4) coincide com a máxima utilização de mão-de-obra, com aproximadamente 250 trabalhadores, mas esta relação se mostra contraditória na análise das outras semanas, em que a maior taxa de cumprimento semanal (semana 8) coincide com valores médios de utilização de mão-de-obra. Nota-se também que a variação desses valores ocorre, na maioria das vezes, de forma inversa (aumento da M.O resultando em diminuição da taxa TCS e vice-versa). A relação direta entre os valores (aumento da M.O resultando em aumento da taxa TCS e vice-versa) ocorre apenas 2 vezes (análise entre semana 3 e 4 e análise entre semana 4 e 5). Conclui-se, assim, que a principal dificuldade no actual cenário de Portugal, a falta de mão-de-obra, não implica, necessariamente, no baixo valor do cumprimento semanal.

6.2.4. Análise da taxa TCS e quantidades de atividades

A segunda análise visou compreender a relação entre o número de atividades (planeadas, concluídas e em execução) e a taxa de cumprimento semanal (figura 6.4). Tendo em vista que a relação entre a utilização de mão-de-obra não se mostra suficiente para explicar o baixo valor da taxa TCS, deve-se buscar perceber o cenário em que a M.O está condicionada.

A análise do gráfico da figura 6.4 permite verificar a existência de uma discreta tendência do aumento da taxa de cumprimento semanal em função da diminuição do número de tarefas planeadas, ocorrendo quatro vezes na análise do avanço de uma semana para outra.

Observa-se que o pico da taxa TCS, de 56% na última semana (semana 8), coincide com um dos picos do número de tarefas, o que, por sua vez, demonstra que os valores relativos ao número de atividades podem ser, às vezes, não tão expressivos, sobretudo quando o plano de trabalhos não é "detalhado" (divisão de tarefas globais em tarefas a níveis diários) levando em consideração os processos de produção.

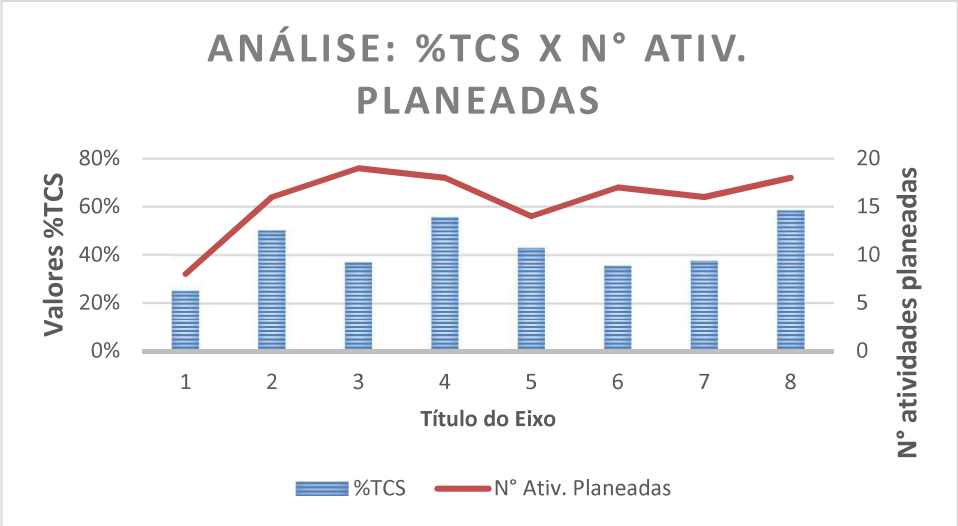


Figura 6.4 - Gráfico de relação entre a taxa TCS e número de atividades planeadas

Verifica-se também uma grande diferença entre o número de atividades que estavam planeadas para essa semana, e o número de atividades totais em execução, ver figura 6.5

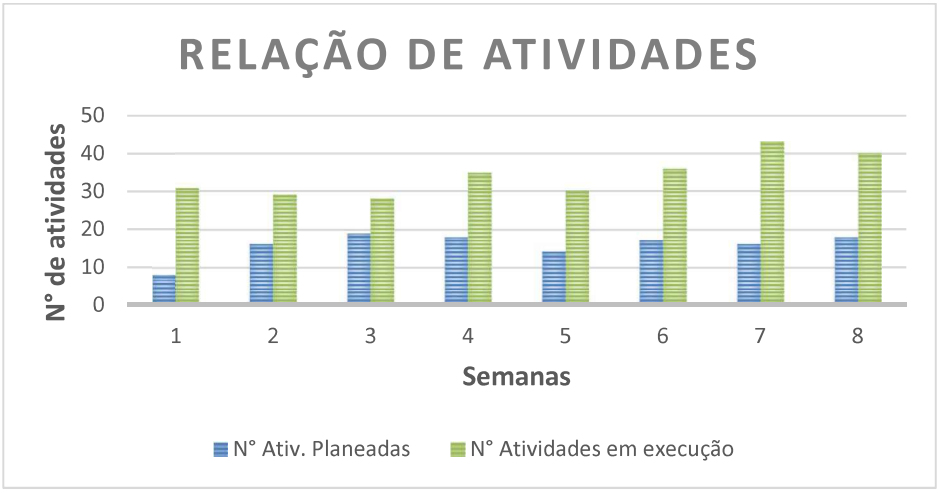


Figura 6.5 - Gráfico de relação das atividades

A partir desse gráfico é possível verificar a grande diferença entre essas duas componentes, algumas das vezes sendo uma maior que o dobro da outra. Observa-se, sobretudo, a não utilização do planeamento de forma a "coordenar" a produção, em outras palavras, verifica-se a expressão corriqueiramente utilizada no âmbito da construção civil: "estão fazendo tudo, mas não estão fazendo nada." Em função de diversas razões, os trabalhos estão sendo realizados sem seguir um fluxo de trabalhos, e sim executando todos os trabalhos que acreditam que podem ser feitos, mas que, dificilmente, são concluídos. Esse é um dos motivos que fazem os valores da taxa TCS não refletirem de forma diretamente proporcional aos valores de produtividade pois, mesmo diante a não execução das tarefas que agregam valor ao projeto e dão sequência ao fluxo de trabalhos, os trabalhadores estão a empenhar seus esforços em outras atividades secundárias.

O cenário ilustrado nesse gráfico (figura 6.5) dificulta o controlo de obras e faz com que os rendimentos das equipas caiam. Nesta situação, os trabalhos possuem uma sequência totalmente "quebrada" e descontínua. Assim, as equipas iniciam a "atividade A" e, posteriormente, começam as tarefas B e C, sem que tenham finalizado a "atividade A". Isso faz com que, semanas depois, a mesma equipa tenha de voltar para o trabalho e "A", aumentando, assim, as durações das atividades. Tal situação deixa o controlo de obras ainda mais complexo e dificulta a correta análise dos desempenhos das equipas, corroborando o pensamento comum em obras de que "é impossível ter controlo sobre todos os trabalhos e equipas".

6.2.5. Análise comparativa entre taxa de cumprimento semanal e produtividade

A última análise busca evidenciar a relação entre os valores da taxa de cumprimento semanal e a produtividade obtida, na tentativa de compreender melhor o cenário em que a Casais está actualmente inserida.

Vale a pena salientar que essa análise é feita a partir de uma pequena amostragem de dados (8 semanas), em apenas um caso (obra da Infante Santo), onde os trabalhos foram acompanhados. Mesmo assim, esta análise deve servir como indicativo para seguimento das melhorias e qualidade na construção civil que já vem sendo um dos objetivos da Casais.

A produtividade é um dos valores mais buscados por qualquer indústria do mercado. A maioria dos profissionais e pesquisadores, por meio de otimização do trabalho e estudos, buscam resultados que permitam aumentar a produtividade dos processos. Este termo, porém, gera algumas confusões, em função dos valores que são expressados. A produtividade de trabalhos é calculada a partir do tempo gasto para produção de uma unidade de um produto, dividido pelo tempo estimado para obtenção dessa unidade de produto. No âmbito da construção civil, o valor da produtividade é obtido através da divisão entre o número de horas gastas para se produzir uma quantidade (e.g. 1 m³ de betão armado) pelo tempo que foi planeado gastar para produção desta unidade. Nesta linha de raciocínio, valores abaixo de 1,0 representam uma maior produtividade de trabalhos (menos tempo gasto para produzir uma unidade de um produto) e valores superiores revelam baixa produtividade.

Para cálculo dos valores de produtividade (ver tabela 6.2) foram utilizados os dados do planeamento macro, criados pelo setor de orçamento da Casais. Estes dados foram comparados com dados do quadro de tarefas semanal (ponto 5.3.4), que serviu de apoio para a recolha de dados da execução.

Salienta-se que o cálculo dos valores da produtividade dos trabalhos monitorados é realizado dentro das seguintes condições:

- Os subempreiteiros foram identificados com letras para não expor a imagem das empresas e também para seguir o princípio do LPS, em que se busca corrigir as etapas de aplicação do sistema e não "punir" as pessoas envolvidas;
- Nem todas as atividades foram consideradas, pois algumas possuíam um difícil dimensionamento de valores de produtividade, o que poderia levar a valores fictícios;
- Para as tarefass acompanhadas que já tinham sido iniciadas antes do acompanhamento em obra, foram utilizados valores de "balizamentos inicias" (dados do diretor de obra).
- Para as atividades que, ao final do acompanhamento em obra, ainda não tinham sido concluídas foram feitos "balizamentos finais", de forma a traduzir valores de produtividade mais próximos da realidade possível.

Tabela 6.2 - Análise da produtividade de sub-empreiteiros

Tabela 6.2: Controlo da produtividade de sub-empreiteiros[19]		
Subempreiteiros	Atividade	Dados recolhidos em obra
Subempreiteiro A	Atividade A1	1,58
	Média	1,58
Subempreiteiro B	Atividade B1	0,79
	Atividade B2	0,78
	Geral	0,78
Subempreiteiro D	Atividade D1	1,12
	Geral	1,12
Subempreiteiro E	Atividade E1	2,07
	Atividade E2	1,70
	Geral	1,87
Subempreiteiro F	Atividade F1	1,36
	Atividade F2	1,04
	Geral	1,18
Subempreiteiro G	Atividade G1	1,75
	Geral	1,75
Subempreiteiro H	Atividade H1	0,67
	Atividade H2	0,69
	Geral	0,68
Subempreiteiro I	Atividade I1	1,14
	Atividade I2	1,39
	Geral	1,31
Geral obra		1,28

Nessa tabela os valores que traduzem uma produtividade superior ao planeado, valores iguais ou menores do que 1, estão marcadas com verde e as atividades com produtividade inferior ao planeado estão marcados com a cor vermelha. Estes valores são ilustrados em um gráfico, na figura 6.6.

[19] Os valores apresentados na tabela foram calculados com base na tabela do anexo b.

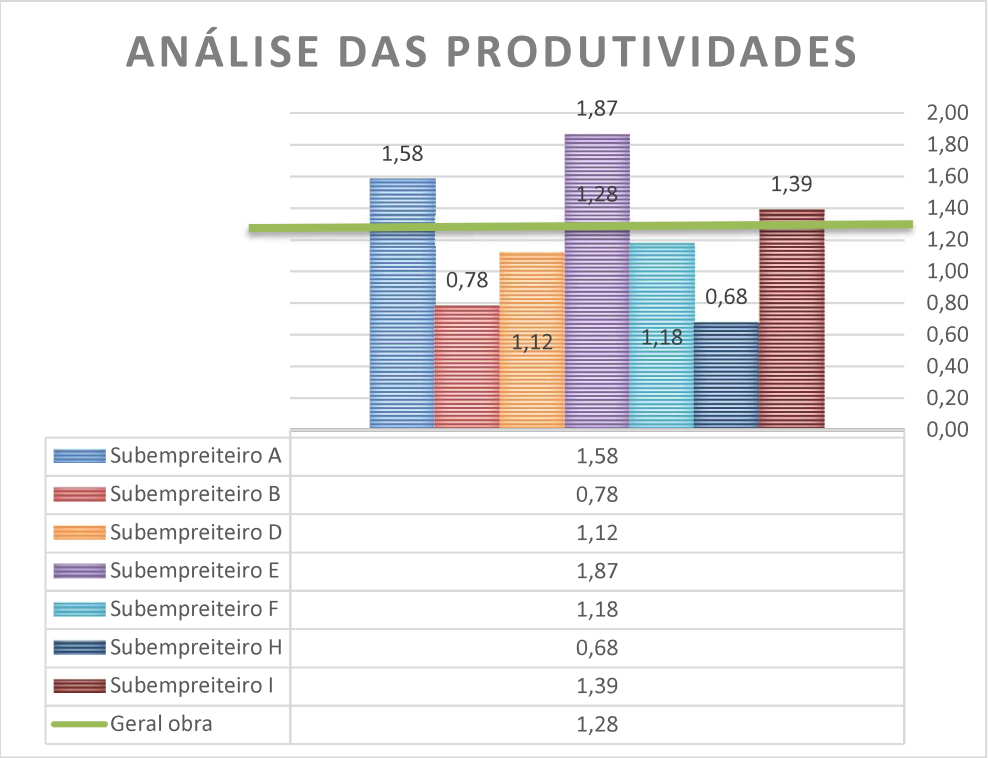


Figura 6.6 - Gráfico de análise das produtividades

Verifica-se que apenas dois subempreiteiros conseguiram bons resultados em termos de produtividade, e que a média da obra ficou em 1.28. Esse valor da média da obra demonstra que está sendo gasto 28% a mais do tempo estimado para execução das tarefas do que o planeado.

Ressalte-se que os valores de horas computados para cálculo da produtividade foram apenas recolhidos nos dias em que as equipas estavam realizando as tarefas e não contabilizam o tempo desde o início até a conclusão da tarefa. Isso porque foi observado ocorrerem períodos muito longos de "pausas" na execução de trabalhos, que se iriam refletir em valores de produtividade baixíssimos.

Visando buscar uma correlação entre os valores de produtividade e da taxa de cumprimento semanal, são apresentados abaixo os valores médios da taxa TCS de cada subempreiteiro, sem identificá-los nominalmente, ver figura 6.7.

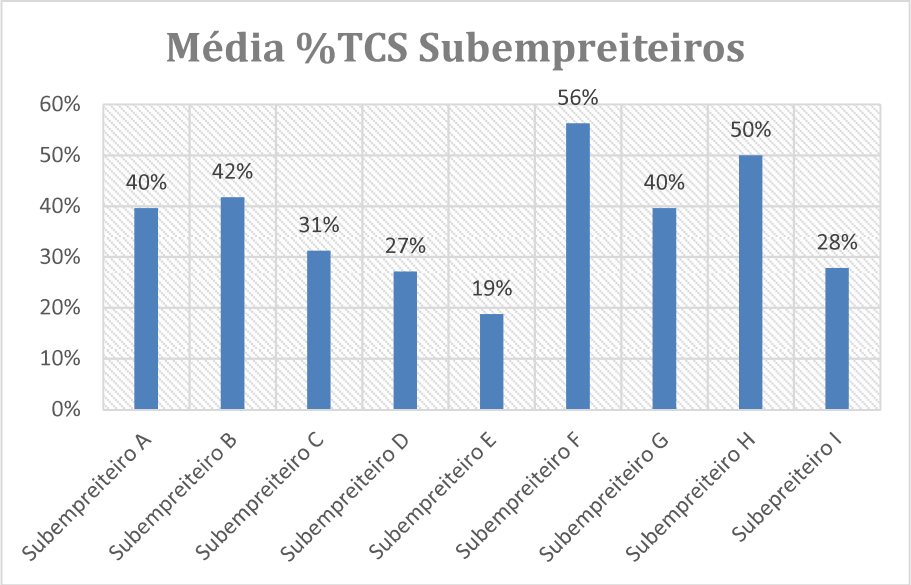


Figura 6.7 - Gráfico da média da taxa TCS dos diversos subempreiteiros

A partir desses valores é realizada uma análise de dispersão desta componente (TCS) juntamento com os valores de controlo da produtividade, ver tabela 6.3 e figura 6.8.

Tabela 6.3 - Análise de correlação Produtividade x %TCS

Tabela 6.3 Análise correlação Produtividade x %TCS		
Subempreiteiros	Produtividade	%TCS
Subempreiteiro A	1,58	40%
Subempreiteiro B	0,78	42%
Subempreiteiro D	1,12	27%
Subempreiteiro E	1,87	19%
Subempreiteiro F	1,18	56%
Subempreiteiro G	1,75	40%
Subempreiteiro H	0,68	50%
Subempreiteiro I	1,31	28%
Geral	1,28	43%

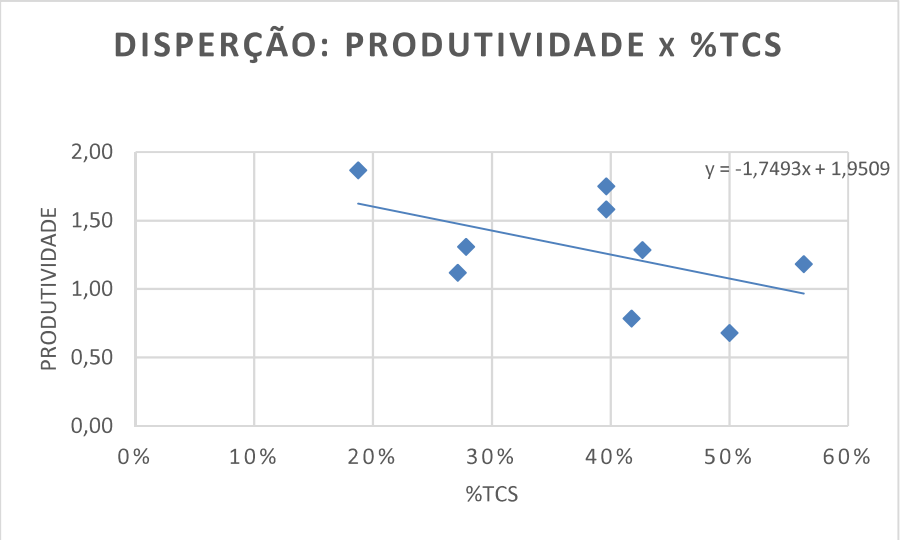


Figura 6.8 - Gráfico de dispersão de valores de produtividade e %TCS

A partir desta análise foi possível identificar uma correlação (representada pela equação 1.1.) não muito representativa, pela pequena amostragem de apenas um caso de estudo, mas que deve seguir como aviso de grande oportunidade para melhora do sistema de planeamento e controlo de obras de forma a refletir na produtividade de futuros projetos.

$$(y = -1{,}7483 * X + 1{,}9509) \qquad (1.1.)$$

Com a função (1.1) obtida, foi identificada a seguinte relação entre os valores de produtividade e a taxa TCS, ver tabela 6.4.

Tabela 6.4 - Correlação entre valores

Tabela 6.4: Correlação entre valores	
Valor (x)	Valor (y)
%TCS	Produtividade
75%	0,64
70%	0,73
60%	0,90
50%	1,08
40%	1,25
30%	1,43

Por fim, a tabela 6.4 reflete o actual cenário da construção civil em Portugal, demonstrando uma grande oportunidade para se conseguirem significativas melhorias de produtividade e resultados por parte de subempreiteiros. Os dados indicam que as obras são planeadas (produtividade igual a 1,0) para valores da taxa TCS de apenas 55% e que o aumento dessa taxa, que busca maior confiabilidade do fluxo de trabalhos, resulta em uma maior produtividade para as obras.

Segundo os estudos apresentados por Ballard, para a *NCC Construction Company* na Suécia (Ballard, 2013), verifica-se que apenas com uma correta aplicação dos critérios de qualidade (ponto 2.2.7.6) obtém-se um significativo aumento inicial de 25% da taxa de cumprimento dos objetivos semanais.

Também se evidencia que a indústria da construção planeia produtividades para uma taxa TCS de 50%. Ballard acredita que estes resultados se explicam em razão da não aplicação correta dos processos de planeamento e controlo de obras pela tradicional indústria da construção civil. O planeamento é feito a partir de desempenhos anteriores, medidos através falhas e erros, situações em que se costuma aceitar as condições de difícil controlo dentro da construção e onde os erros são apenas aceites de forma passiva e, em geral, nunca corrigidos em processos subsequentes.

Essas condições acabam, assim, dificultando a mudança de paradigma dentro do setor industrial da construção civil.

7
CONCLUSÕES

A indústria da construção civil apresenta valores de produtividade globais abaixo do esperado. Quando analisados o percentual de cumprimento de prazos e custos de projetos de construção civil de uma empresa, o que se verifica é que a probabilidade de que essa empresa execute o projeto dentro do orçamento e do prazo acordados com os clientes é abaixo de 10%.

Há vários fatores que podem explicar a dificuldade da indústria da construção civil em cumprir prazos e custos. Uma dessas causas é a má utilização de um efetivo planeamento e controlo de obras. No início da década de 90, Glenn Ballard percebeu que havia um elevado desencontro entre o que estava planeado para ser executado semanalmente e o que efetivamente era executado. Esse fato foi o ponto de partida para que esse autor desenvolvesse uma nova metodologia no âmbito do planeamento e controlo de obras: o sistema *Last Planner* (LSP). Esse sistema é utilizado em diversos países, tais como Estados Unidos, Inglaterra, Portugal, Dinamarca, Brasil, Peru entre outros, apresentando resultados significativos de até 90% de aumento de lucro em um caso aplicado no Peru.

O presente trabalho pretendeu compreender os princípios e ferramentas dessa nova metodologia de planeamento e controlo de obras (*Last Planner System*), do mesmo modo que investigou as ferramentas utilizadas pela Casais Engenharia e Construção S.A. Também buscou-se entender o cenário em que essa empresa portuguesa se encontra inserida, a fim de identificar oportunidades de melhoria na respetiva neste setor.

O estágio realizado na obra da Av. Infante Santo, em Lisboa, durante os meses de outubro a dezembro de 2018, proporcionou uma melhor compreensão da aplicação prática das ferramentas de planeamento na Casais. Também permitiu observar algumas das dificuldades do mercado da construção civil portuguesa, além de possibilitar um acompanhamento das funções exercidas pela direção de obras. Neste período, foi introduzida uma das ferramentas do sistema *Last Planner*, notadamente o quadro *Lookahead* (planeamento de médio prazo), em que se buscou traduzir de forma visual (post-its) o plano de trabalhos da obra.

Ademais, a partir das ferramentas utilizadas pela Casais – quadros Kaizen – realizou-se o monitoramento diário de trabalhos na ótica do *Last Planner System*, em que foi calculada, semanalmente, uma taxa de cumprimento semanal (TCS). Os resultados obtidos revelaram, em geral,uma baixa confiabilidade na execução dos planos de trabalhos, em que a média da taxa de cumprimento semanal ficou em 43%.

Também foi realizada uma análise de dispersão entre a média da taxa de cumprimento semanal de cada sub-empreiteiro e a sua respetiva produtividade. Essa análise mostrou alguma correlação entre os dois temas e, embora não seja suficiente para afirmar que os valores das produtividades dos trabalhos em obra estão diretamente relacionados com a taxa de cumprimento semanal, constitui um indicador de que mudanças podem ser realizadas no que diz respeito ao planeamento e controlo de obras, com vista à obtenção de melhores valores de produtividade.

A partir da melhor compreensão das diversas ferramentas que promovem a utilização do *Last Planner System* e, após realizadas as análises nos últimos capítulos desta dissertação, evidencia-se uma grande oportunidade para mudança na área de planeamento e controlo de obras do Grupo Casais.

Observa-se que os profissionais deste ramo possuem um sentimento de que as obras são planeadas e orçadas com objetivos impossíveis de serem alcançados. Porém, no presente trabalho, ficou demonstrado, tal como fundamentado e defendido nos estudos realizados por Glenn Ballard, que as obras são planeadas para uma previsibilidade de apenas 50% dos planos de trabalhos, ou seja, espera-se que os profissionais cumpram apenas 50% de suas "promessas" semanais para que os resultados esperados sejam obtidos. Sugere-se que esse sentimento seja substituído pela busca por uma maior compreensão das mudanças a serem implementadas na construção civil. Para isso, deve-se parar de atribuir as razões para falhas às condições atuais do mercado (relativa falta de mão-de-obra) e buscar uma maior utilização do planeamento para obter fluxos de trabalhos mais confiáveis.

É evidente que cada um dos projetos da construção civil possui características únicas o que dificulta a repetição dos mesmos processos construtivos e uma maior continuidade de trabalhos, como também, aumenta a probabilidade de ocorrências imprevisíveis. Independentemente desses fatores, deve-se procurar uma maior assertividade nas ações quotidianas, buscando uma maior colaboração entre os profissionais envolvidos no planeamento e preparação de atividades da construção civil.

Portanto, sugere-se que a Casais Engenharia e Construção S.A, a partir das ferramentas que já vêm sendo utilizadas (trabalho desenvolvido em parceria com a *Kaizen Institute Portugal*), busque uma implementação completa do *Last Planner System*, observando-se o cumprimento de todas as suas fases e não apenas de algumas das suas ferramentas de trabalho.

Diversas pesquisas sobre o *Last Planner System* demonstram que a não utilização completa do sistema não traz os resultados esperados, além de, neste caso específico, terem também sido identificadas algumas dificuldades na utilização das ferramentas introduzidas pela *Kaizen Institute*.

Ainda que considerando as dificuldades de aplicação do LPS na obra acompanhada, pode-se perceber que Grupo Casais possui um grande potencial para inserção da filosofia *Lean* no Grupo, recorrendo a todos os componentes do *Last Planner System*, considerando que a empresa possui uma vantagem acrescida em relação à concorrência, ao contar com um elevado número de empresas parceiras e integradas no Grupo, nos diferentes ramos da construção civil, o que propicia uma maior facilidade em incorporar o planeamento colaborativo dentro do grupo.

Deste modo, observam-se algumas ações que podem servir como diretrizes iniciais para inserção de princípios da filosofia *Lean* num empreiteiro geral:

- Realização de acções de pré-formação dos subempreiteiros e profissionais envolvidos na produção;
- Estabelecimento de condições de colaboração dos subempreiteiros e profissionais envolvidos através de reuniões, participações no planeamento, etc., condições que podem, inclusive, ser estabelecidas em contrato;
- Utilização de um planeamento puxado (pull planning) para guiar os procedimentos do planeamento e controlo de obras;
- Introdução de uma cultura de busca por falhas em processos e sistemas utilizados e não uma busca por culpados/responsáveis pelos problemas encontrados; As pessoas são condicionadas pelo sistema em que estão inseridos e não o contrário; A busca deve ser feita de formar a encontrar sistemas adequados e a sua correta aplicação; Assim, o profissional deve ser incentivado

a encontrar falhas nas práticas realizadas para que as equipas trabalhem de modo cooperativo, evitando que os problemas existentes voltem a ocorrer.

No que diz respeito à implementação específica do LPS, acredita-se que esse deve ser feito de forma completa, mas dando prioridade a 4 pontos essenciais, que possuem impacto inicial significativo:

- **Planear por fases utilizando a técnica *pull planning*:** Deve-se detalhar as grandes cadeias de fluxo de trabalhos, que compõem as fases da obra, com a colaboração de todas as especialidades, buscando uma otimização desses fluxos de trabalhos, a utilização de tarefas que agregam valor ao projeto e procurar, logo ao princípio, evidenciar os constrangimentos de futuras tarefas;
- **Análise de constrangimentos:** devem-se manter os procedimentos criados pela *Kaizen Institute*, buscando-se uma melhor comunicação, ou troca de informações entre os responsáveis por estas ações;
- **Aplicação dos critérios de qualidade:** os profissionais têm de saber precisamente a dimensão e características de trabalhos que estão sendo programados, assim como as componentes exteriores que influenciam para que os trabalhos sejam realizados com sucesso e adequada produtividade; Ballard, em seus estudos, demonstra que uma correta aplicação apenas destes critérios de qualidade aumenta em 25% a taxa de cumprimento semanal (TCS);
- **Aplicação rigorosa da fase de aprendizagem (*learning*):** essa fase tem que ser rigorosamente cumprida, semanalmente, para que os avanços na aplicação do LPS possam transmitir resultados positivos.

Considerando o exposto, este trabalho merece o apoio por parte da Casais a uma tese de doutoramento nesta área, incluindo o acompanhamento de uma obra do princípio ao fim, buscando caminhos que levem à otimização das etapas já estabelecidas pela *Lean Construction*, com destaque para a utilização de mecanismos eletrónicos, que tentem dar resultados a curto prazo e mudanças exponenciais a longo prazo.

Este constitui provavelmente o principal desenvolvimento futuro induzido por esta dissertação pelo que se pode, com confiança, concluir que os objectivos visados com a sua realização foram integralmente cumpridos.

LISTA DE REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALLARD, G.; HOWELL, G. - Shielding Production: Essential Step in Production Control. Journal of Construction Engineering and Management. ISSN 0733-9364. 124:1 (1998) 11–17. doi: 10.1061/(ASCE)0733-9364(1998)124:1(11).

BALLARD, Glenn; HOWELL, Gregory - An update on last planner. 11th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. 2003) 1–10.

BALLARD, Hermann Glenn - The Last Planner System of Production Control. Journal of Chemical Information and Modeling. ISSN 1098-6596. 53:9 (2000) 1689–1699. doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.

CARDOSO, J. M. Mota (2007) - DIREÇÃO DE OBRA organização e controlo - 3 ed.

FARIA, J.A.(2014) - Gestão de obras e segurança. Feup.

MOURA, Camile Borges; FORMOSO, Carlos Torres - Análise quantitativa de indicadores de planejamento e controle da produção: impactos do Sistema Last Planner e fatores que afetam a sua eficácia. Ambiente Construído. 9:3 (2009) 57–74.

NUTT, Henry; ZETTEL, George - Course Name: Intro to The Last Planner ® System Course. 2013).

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE - Project Human Resource Management. ISBN 9781933890517 (2008).

RONALD DAVIDSON - Last Planner ® System: Business Process Standard and Guidelines. 2015).

TOMMELEIN, Iris; BALLARD, Glenn - The Last Planner Production System Workbook - Improving Reliability in Planning and Work Flow (2007).

BIBLIOGRAFIA

BALLARD, Glenn. – Lookahead Planning: The Missing link in production Control. (1997).

BALLARD, Glenn; HOWELL, Gregory. - Shielding Production: Essential Step in Production Control. Journal of Construction Engineering and Management. . ISSN 0733-9364. 124:1 (1998) 11–17. doi: 10.1061/(ASCE)0733-9364(1998)124:1(11).

BALLARD, Glenn. - Work Structuring LCI White Paper-5. (1999).

BALLARD, Glenn. - Phase scheduling. (2000).

BALLARD, Glenn; HOWELL, Gregory - An update on last planner. 11th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. 2003) 1–10.

BALLARD, Hermann Glenn - The Last Planner System of Production Control. Journal of Chemical Information and Modeling. ISSN 1098-6596. 53:9 (2000) 1689–1699. doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.

CARDOSO, J. M. Mota (2007). - DIREÇÃO DE OBRA organização e controlo 3 ed.

FARIA, J.A. (2014). Gestão de obras e segurança. Feup.

HAMZEH, Farook; ZANKOUL, Emile; SAKKA, Fatima El. - Removing Constraints to Make Task Ready in the Weekly Work Planning. (2016).

MOURA, Camile Borges; FORMOSO, Carlos Torres - Análise quantitativa de indicadores de planejamento e controle da produção: impactos do Sistema Last Planner e fatores que afetam a sua eficácia. Ambiente Construído. 9:3 (2009) 57–74.

NUTT, Henry; ZETTEL, George - Course Name: Intro to The Last Planner ® System Course. 2013).

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE - Project Human Resource Management. ISBN 9781933890517 (2008).

RONALD DAVIDSON - Last Planner ® System: Business Process Standard and Guidelines. 2015).

TOMMELEIN, Iris; BALLARD, Glenn - The Last Planner Production System Workbook - Improving Reliability in Planning and Work Flow (2007).

VIANA, Daniela D.; FORMOSO, Carlos T; ISATTO, Eduardo L. - Understanding the theory behing the Last Planner System using Language-Action Perspective: two case studies. (2017).

ANEXOS

ANEXO A

MODELO DE TABELA DE APOIO AO MONITORAMENTO SEMANAL DE TRABALHOS.

CASAIS — **QUADRO GESTÃO DE PROJETO**

Descrição das tarefas	Empresa/ Responsável	PLANO DE TRABALHOS SEMANAL						Finalizou-se? (S/N)	Balizamento 16/12	Balizamento 24/11	% TCS-Conclusão	% TCS GERAL 43% / CAUSAS PRINCIPAIS
		19/nov Seg	20/nov Ter	21/nov Qua	22/nov Qui	23/nov Sex	24/nov Sab					
Tectos piso 7	Ferreira Barbosa	X	X	X				\	50%	65%	100%	
Barramentos piso 7		X	X	X	X	X		\	10%	30%		M.O
Barramentos piso 6		X	X	X				\	50%	65%		M.O
Arremates sancas		X	X	X	X	X		S	0%	100%		
Fechamentos tectos - exaustões		X						S	90%	100%		
Número de homens em obra:		7	7	8	8	6						36
Cablagem piso 6	Undel	X	X	X	X	X		\	60%	80%	50%	Alteração Projeto
Armaduras de iluminação piso 5					X	X		\	10%	15%		A.P. não concluída
Aparelhagem piso 7						X		\	0%	10%		A.P. não concluída
Aparelhagem piso 6				X	X	X		N	0%	40%		M.O
Aparelhagem piso 1					X	X		S	60%	100%		
Número de homens em obra:		8	8	7	7	8						38
Finalizar instalação maq. Interiores p.1	Interclima	X						\	20%	30%	50%	
Finalizar instalação plenos piso 6		X						S	85%	100%		
Montagem e Ligação Maq. Ext. p.5			X	X	X			N	50%	90%		
Número de homens em obra:		3	3	4	4	3						17
Assentamento cald. e esq. P.5	HidroCNT							\	50%	50%	0%	M.O
Rede de Esgotos 2/4		X	X	X	X	X		\	20%	55%		
Número de homens em obra:		5	5	7	7	5						29
Porta + forras int + armários p.3	Carpin	X	X	X	X	X		S	60%	100%	50%	
Porta + forras int + armários p.2				X	X	X		\	0%	30%		M.O
Rodapé... + frentes avac p.3		X	X	X	X	X		N	0%	70%		M.O
Número de homens em obra:		9	9	9	9	7						43
Revest. mad. Pavimentos piso 1	Socimorcasal	X		X	X			N	50%	70%	0%	A.P. não concluída
Revest. mad. Pav. Piso 6			X					\	0%	30%		
Forra de paredes (zonas comuns) p.5		X	X	X	X			N	70%	90%		
Forra de paredes (zonas comuns) p.4		X	X	X	X			\	50%	90%		
Número de homens em obra:		5	4	5	5	1						20
Caixilhos - vidros p.7	Serrialu	X	X	X	X	X		N	10%	85%	50%	
Forras interiores caxilhos p.2		X	X			X		\	70%	90%		
Forras interiores caxilhos p.3		X						S	70%	100%		
Número de homens em obra:		5	5	4	3	3						20
Aplicação cerâmicos piso 1	Tratriobras			X	X	X		N	75%	80%	0%	M.O
Aplicação de cerâmicos piso 7								\	15%	15%		M.O
Número de homens em obra:		0	0	1	1	1						3
Microcimento piso 1	Nicecolor		X	X	X	X		N	0%	50%	0%	M.O
Número de homens em obra:		0	1	1	1	1						4

ANEXO B

TABELA DE APOIO A CÁLCULOS DE CONTROLO DE PRODUTIVIDADE.

Análise de rendimentos: Planeado (setor planeamento) x valores obtidos em obra														
				Dados planeamento macro						Análise dados recolhidos				
Empresa	Atividade	Balizamento a data 19.10	Balizamento a data 14.12	Quantidade Estimada	Rendimento Estimado	Unid.	Duração Estimada	Horas estimadas	Duração Real (dias)	Horas reais	Rendimento Real	Produtividade (Real/Est)
A	Atividade A1	40%	90%	7688,00	160	m²/d	24,03	192,20	38	304,00	101,16	1,58
	Geral							192,20		304,00		1,58
B	Atividade B1	75%	95%	63	1	un/d	12,60	100,80	10	80,00	1,26	0,79
	Atividade B2	0%	42%	1545	35,93	un/d	18,06	144,48	14	112,00	46,35	0,78
	Geral							245,28		192,00		0,78
D	Atividade D1	0%	60%	188	14	un /d	8,06	64,46	9	72,00	12,53	1,12
	Geral							64,46		72,00		1,12
E	Atividade E1	15%	55%	185	4,5	un /d	16,44	131,56	34	272,00	2,18	2,07
	Atividade E2	15%	55%	100	2	un/d	20,00	160,00	34	272,00	1,18	1,70
	Geral							291,56		544,00		1,87
F	Atividade F1	10%	50%	702,62	15,97	m2/d	17,60	140,79	24	192,00	11,71	1,36
	Atividade F2	0%	85%	2169,92	80	m2 /d	23,06	184,44	24	192,00	76,85	1,04
	Geral							325,23		384,00		1,18
G	Atividade G1	0%	80%	40	8 un/d		4,00	32,00	7	56,00	4,57	1,75
	Geral							32,00		56,00		1,75
H	Atividade H1	0%	83%	721	13,35 m2/d		44,83	358,61	30	240,00	19,95	0,67
	Atividade H2	0%	92%	213,33	5,2 m2/d		37,74	301,94	26	208,00	7,55	0,69
	Geral							660,55		448,00		0,68
I	Atividade I1	0%	15%	166,05	4,74 m²/d		5,25	42,04	6	48,00	4,15	1,14
	Atividade I2	0%	30%	218,3	6,06 m2/d		10,81	86,45	15	120,00	4,37	1,39
	Geral							128,49		168,00		1,31